

**QUATORZIÈME RÉUNION  
DU SOUS-COMITÉ OUEST ET CENTRE AFRICAIN  
DE CORRÉLATION DES SOLS POUR  
LA MISE EN VALEUR DES TERRES**

**Abomey, Bénin, 9-13 octobre 2000**



**QUATORZIÈME RÉUNION  
DU SOUS-COMITÉ OUEST ET CENTRE AFRICAIN  
DE CORRÉLATION DES SOLS  
POUR LA MISE EN VALEUR DES TERRES**

**Abomey, Bénin, 9-13 octobre 2000**

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l' Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

ISBN 92-5-204803-0

Tous droits réservés. Les informations ci-après peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au Chef du Service des publications, Division de l'information, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie ou, par courrier électronique, à [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2002

## Table des matières

INTRODUCTION	1
MOTION DE REMERCIEMENTS ET RECOMMANDATIONS	3
SYNTHÈSE DES TRAVAUX	5
COMMUNICATIONS	11
New developments in soil classification: the World Reference Base for Soil Resources. <i>F.O. Nachtergaele</i>	13
Les sols béninois: classification dans la Base de référence mondiale. <i>I. Youssouf &amp; M. Lawani</i>	29
The interim Ghana soil classification system and its relation with the World Reference Base for Soil Resources. <i>T. Adjei-Gyapong &amp; R.D. Asiamah</i>	51
Les grands types de sols du Sénégal. <i>M. Khouma</i>	77
Les sols dominants du Mali. <i>B. Keita</i>	95
Sols dominants du Togo – corrélation avec la Base de référence mondiale. <i>S.K. Worou</i>	105
La Base mondiale de données sur les sols: avantages et faiblesses pour la connaissance et l'utilisation des milieux édaphiques au Burkina Faso. <i>R. Kissou, L. Thiombiano, A.K. Nebie, A. Semde &amp; K.J. Yago</i>	121
Les grands types de sols du Niger. <i>G. Annou</i>	151
An overview of the WRB reference soil groups with special attention to West Africa. <i>J. Deckers, F.O. Nachtergaele &amp; O. Spaargaren</i>	169
ANNEXE 1 CÉRÉMONIE D'OUVERTURE	179
CÉRÉMONIE DE CLÔTURE	184
ANNEXE 2 PROGRAMME	185
ANNEXE 3 PARTICIPANTS	189
ANNEXE 4 FIELD EXCURSION (EXCURSION SUR LE TERRAIN) 12 – 13 OCTOBER 2000	193

## Introduction

La Quatorzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres s'est tenue à Abomey, République du Bénin, du 9 au 13 octobre 2000. Elle était organisée conjointement par la FAO et le Bénin. Une vingtaine de participants des pays suivants ont pris part aux travaux: Bénin, Burkina Faso, Ghana, Mali, Niger, Sénégal et Togo, ainsi que des observateurs (Belgique, IITA), et des représentants du Bureau Régional de la FAO (Accra), et du Siège de la FAO (Rome).

Les travaux de la réunion ont été dirigés par un Bureau, élu à l'unanimité, composé comme suit:

Président:	Azontonde Anastase (Bénin)
Vice-Président:	Thiombiano Lamourdia (Burkina Faso)
1 <sup>er</sup> Rapporteur:	Worou Soklou (Togo)
2 <sup>ème</sup> Rapporteur:	Adjei-Gyapong Thomas (Ghana)

Le thème principal des discussions a porté sur: «L'utilisation de la Base de référence mondiale pour les ressources en sols comme instrument pour la sécurité alimentaire en Afrique».

La séance d'ouverture a été placée sous la double présidence du Conseiller technique du Ministre du Développement Rural chargé de la recherche et des organisations paysannes, du Bénin, et du Représentant de la FAO au Bénin.

Après les présentations et discussions sur l'introduction et l'utilisation de la Base de référence mondiale (BRM), les participants ont effectué des visites de terrain qui les ont conduits successivement à Zouzouvou, Aplahoué et Dassa-Zoumè, pour décrire des profils, classer le sol suivant la classification de la FAO et proposer des aménagements.

Il est prévu de tenir la Quinzième Réunion du Sous-Comité à Ouagadougou (Burkina Faso) en 2001. Le thème de discussion proposé sera le «Bilan des études pédologiques en Afrique de l'Ouest et du Centre. Quelle pédologie pour le XXI<sup>e</sup> siècle?».



## Motion de remerciements et recommandations

### MOTION DE REMERCIEMENTS

Les participants à la Quatorzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres (WASCO), tenue à Abomey (République du Bénin) du 9 au 13 octobre 2000, adressent leurs sincères remerciements :

- au Gouvernement et au peuple béninois pour avoir accepté d'abriter cette réunion et pour l'accueil chaleureux dont ils ont été l'objet.
- à la FAO et à son Directeur général, pour le soutien apporté aux travaux du Sous-Comité.
- à l'UISS (Union internationale de la science du sol), pour son soutien financier.
- au Centre national d'agro-pédologie de l'Institut national des recherches agricoles du Bénin pour l'excellente organisation des travaux aussi bien en salle que sur le terrain.
- au Dr R. Sant'Anna, Fonctionnaire régional de la FAO, Responsable du Programme Ressources en Sols, pour tout ce qu'il a fait en vue de la tenue effective de la quatorzième réunion du Sous-Comité.
- à M. M. Igue, pour avoir consacré, à quelques jours de la soutenance de sa thèse, une partie de son précieux temps pour préparer et conduire les travaux de terrain.

### RECOMMANDATIONS

Les participants,

conscients de l'importance de la classification des sols pour l'inventaire et la mise en valeur des terres;

notant l'existence de différents systèmes de classification à portée limitée;

conscients des difficultés liées à l'usage des systèmes locaux de classification;

considérant que la Base de référence mondiale (BRM) est un système techniquement et internationalement accepté comme base pour la classification, la cartographie, la création des bases de données ;

Recommandent :

1. aux structures et associations nationales de pédologie, l'utilisation de la Base de référence mondiale (BRM) comme système de référence pour la classification des sols, la formation des spécialistes des sols, au moyen d'ateliers nationaux, pour une meilleure diffusion et adoption de ce système aux niveaux national et régional, l'actualisation des cartes pédologiques en utilisant la BRM afin de permettre la mise en place de bases de données sur les sols;

2. aux spécialistes utilisateurs de la BRM, une bonne maîtrise de ce système;
3. à la FAO, de bien vouloir mettre à la disposition des institutions nationales des sols des exemplaires en nombre suffisant de cet ouvrage;
4. à la FAO et à l'AOCASS, l'organisation d'un atelier régional afin de faciliter l'élaboration de cartes à l'échelle régionale, notamment dans le cadre du programme SOTER;
5. à la FAO, à l'ISRIC et à l'UISS, une plus grande implication des spécialistes africains dans le processus d'amélioration de la BRM.

En outre, les participants demandent à la FAO de bien vouloir envisager, en collaboration avec le Gouvernement burkinabé et l'AOCASS, l'organisation à Ouagadougou en 2001 de la Quinzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain. Le thème proposé est: Bilan des études pédologiques en Afrique de l'Ouest et du Centre. Quelle pédologie pour le XXI<sup>e</sup> siècle?

## Synthèse des travaux

### TRAVAUX À ABOMEY

La cérémonie d'ouverture de la Quatorzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols s'est tenue au Motel d'Abomey en présence de nombreuses personnalités, en particulier du Secrétaire général de la Préfecture de Zou-Collines, qui s'est réjoui du choix fait pour la tenue de la réunion et a assuré les participants et organisateurs du soutien de son Département; du Directeur scientifique de l'INRAB, institut co-organisateur de la réunion, qui a souhaité la bienvenue aux participants; du Représentant de la FAO au Bénin, lequel a souligné l'importance des sols dans le développement de l'agriculture et évoqué les maux dont souffre cette agriculture dans les pays en voie de développement; du Conseiller technique du Ministre du Développement Rural Chargé de la recherche, qui a mentionné l'espoir que son Ministère place dans les travaux du Sous-Comité pour contribuer à relever le défi de la sécurité alimentaire.

La cérémonie d'ouverture a été suivie de l'élection des membres du Bureau, comme suit: Président: M. A. Azontonde (Bénin); Vice-Président: M. L. Thiombiano (Burkina Faso); 1<sup>er</sup> Rapporteur: M. S. Worou (Togo); 2<sup>e</sup> Rapporteur: M. T. Adjei-Gyapong (Ghana).

Le programme de la réunion, adopté après amendements, comprenait deux volets, une partie étant réservée aux discussions en salle, et la deuxième partie consacrée à la visite sur le terrain, dans les Départements du Mono et du Zou.

Dr R. Sant'Anna, du Bureau régional de la FAO à Accra, a mentionné que la longue léthargie dont ont souffert les travaux du Sous-Comité, a été due à divers problèmes, en particulier au manque de ressources financières.

Dr F.O. Nachtergaele (FAO, Rome), après avoir rendu hommage au Dr R. Sant'Anna pour les efforts poursuivis pendant vingt-cinq ans au service de la connaissance des sols en vue d'une agriculture durable, a présenté une note introductive sur la Base de référence mondiale (BRM).

Dans sa présentation, F. Nachtergaele, après avoir mentionné les trois étapes fondamentales qui ont marqué l'évolution, à savoir la révolution agronomique, la révolution industrielle et la révolution informatique et des télécommunications, a souligné que cette dernière phase met en évidence la nécessité d'adapter le langage pédologique au contexte actuel dominé par l'informatique.

La Base de référence mondiale a comme objectif principal de fournir un cadre scientifique à la Légende de la FAO, utilisable au niveau international, qui permette de mettre en évidence la morphologie des sols. Elle ne prétend pas remplacer les systèmes nationaux de classification des sols.

Les grandes lignes de la BRM sont ensuite décrites: les sols sont caractérisés à partir des descriptions des horizons diagnostiques; les groupes de sols à partir de la combinaison des horizons diagnostiques; le climat n'est plus pris en compte pour la classification. La Base de référence distingue deux niveaux de classification, à savoir les unités majeures et les unités inférieures. Il est tenu compte de l'action humaine pour la classification des sols.

Cette présentation a été suivie de discussions qui ont abouti à formuler certaines critiques concernant, entre autres, l'imprécision des niveaux inférieurs de la classification; le langage utilisé, jugé assez compliqué; la non prise en compte du climat; les problèmes de classification des sols peu épais (leptosols); le passage de cette classification à la mise en valeur; la marginalisation des Africains, en particulier francophones, dans l'élaboration du système.

Après cette note introductive sur la Base de référence mondiale, les communications des pays participants (Bénin, Burkina Faso, Ghana, Mali, Niger, Sénégal, Togo) ont été présentées. Elles ont traité des sols dominants des divers pays, de leur répartition, de l'utilisation de la CPCS et des différentes classifications locales, et des possibilités de corrélation avec la BRM.

Il ressort de ces exposés qu'aucun des pays représentés à la réunion ne possède une connaissance pratique de la BRM. Néanmoins, sur la base des caractéristiques morphologiques des sols et des données d'analyses, des tentatives de classification ont été faites.

Les débats qui ont suivi ont été centrés sur les difficultés et avantages du système présenté, notamment sur les aspects de la mise en valeur, les améliorations effectives que présente la BRM par rapport aux classifications existantes, son utilisation comme instrument pour la sécurité alimentaire en Afrique. L'échelle de travail a été évoquée, surtout en ce qui concerne les cartes d'utilisation.

Trois groupes de travail ont été constitués ayant pour objectif une discussion approfondie sur les thèmes proposés et la formulation de recommandations.

- Groupe 1: Utilisation de la BRM pour une meilleure connaissance du sol;
- Groupe 2: Utilisation de la BRM pour une corrélation régionale des sols;
- Groupe 3: Elaboration de recommandations et des remerciements.

Les principales conclusions sont les suivantes:

### **1. Buts de la Base de référence mondiale pour les ressources en sols (BRM)**

- donner une base scientifique à la Légende de la FAO;
- donner un cadre de référence aux niveaux régional et international;
- mettre en évidence les sols dans leur environnement et dans le paysage;
- mettre l'accent sur la morphologie des sols plutôt que sur les analyses de laboratoire;
- tenir compte des autres applications, tel que l'environnement;
- utiliser les notions d'horizons diagnostiques et propriétés diagnostiques;
- prendre en compte l'influence de l'homme;
- être le plus complet possible;
- être utilisable au plan local.

### **2. Problèmes liés à l'utilisation**

Deux types de problèmes ont été rencontrés par les utilisateurs:

- Difficultés de corrélation entre les différents systèmes de classification des sols existant dans la sous-région.
- L'existence de différents systèmes de classification des sols dans la sous-région, par exemple le système du Ghana, la CPCS, les systèmes nigérian et gambien, etc. Ces systèmes utilisent différentes caractéristiques ou ont développé d'autres critères de classification. Il existe beaucoup de classes ou de niveaux dont la plupart ont été mal définis. Certains des systèmes

n'utilisent pas de caractères morphologiques stricts pour les horizons et matériaux diagnostiques, tels qu'utilisés dans les systèmes modernes de classification des sols. Certains des systèmes locaux de classification ont des recoupements et des lacunes qu'il faut corriger ou combler.

- Différentes procédures d'analyses de laboratoire sont utilisées dans les divers pays de la sous-région.
- Nombreuses méthodes d'analyses de laboratoires, par exemple détermination du rapport sol/eau pour le pH, le dosage du phosphore assimilable, etc.

### **3. Caractéristiques de la Base de référence**

- Les trente références de sols couvrent potentiellement tous les sols des systèmes locaux de classification. Les horizons, propriétés et matériaux diagnostiques rendent plus facile l'identification des sols.
- Les différents qualificatifs donnent aux scientifiques la liberté de choix pour classer n'importe quel sol sur la base des principales caractéristiques observées.
- La nature technique de la Base de référence rend son utilisation applicable aux systèmes locaux et aux différentes disciplines.
- Cette base sert de dénominateur commun pour la communication au niveau international, sans marginaliser les systèmes locaux.

### **4. L'utilisation de la BRM pour une meilleure connaissance du milieu agricole**

Le concept de la BRM, basé sur la connaissance de la morphologie et de l'environnement du profil et la description des horizons diagnostiques, permet une bonne connaissance du sol en vue d'une meilleure utilisation.

### **5. L'utilisation de la BRM pour la corrélation des sols en Afrique de l'Ouest et du Centre**

Pour surmonter les problèmes de classification régionale des sols et les problèmes de corrélation, la BRM peut être utilement employée par tous les pays. Pour une corrélation effective des sols, les remarques ci-après s'avèrent importantes.

### **6. Suggestions pour une meilleure diffusion de la BRM dans la sous-région**

- Etablir des procédures communes en matière d'analyses de laboratoires en relation avec les recommandations de la BRM (Van Reeuwijk, 1995).
- Moderniser certains laboratoires d'analyses.
- Instaurer une solide coopération régionale, coordonnée par la FAO, pour établir des paramètres spécifiques en fonction de l'équipement de certains pays.
- Prévoir deux niveaux de formation:
  - a. formation des spécialistes, à raison de deux par pays,
  - b. formation des autres cadres scientifiques par les spécialistes, au moyen d'ateliers de travail.
- Utiliser les données existantes pour expérimenter la BRM pendant une période de deux ans, pour permettre, éventuellement, de combler les lacunes qui pourraient se présenter.
- Consulter régulièrement le site Web de la BRM pour être informé des nouveaux développements et pour l'interaction.

- Introduire la BRM dans les universités et écoles de formation.

#### **VISITE DE TERRAIN**

Cette visite a été effectuée en compagnie d'une partie des participants à l'atelier «Balance Nutrient Management System» (BNMS). Elle avait pour but principal la classification des sols dans la Base de référence mondiale. Dix profils ont été observés, dont trois sur des matériaux d'apport continentaux (terre de barre) dans la localité de Zouzouvo et sept sur le socle cristallin dans les localités d'Eglimé et de Dassa. Les discussions sur chaque profil ont porté sur les caractéristiques physico-chimiques et morphologiques, l'aptitude culturale et enfin sur la classification dans la Base de référence mondiale.

#### **Socle cristallin**

##### **Egli 9:**

Observé sur versant sous palmeraie. Le sol est sableux sur cuirasse avec des taches d'hydromorphie situées au-delà de 50 cm de profondeur et une nappe phréatique encore présente dans le sol. L'horizon cuirassé est situé à 100 cm et parfois plus. Sur le plan agronomique, le profil ne présente pas de contraintes majeures en dehors de la faible teneur en éléments minéraux due à la texture sableuse des horizons surmontant la cuirasse. La rétention en eau est bonne à cause de la position topographique. Le profil est classé Arénosol andogleyique (bathic petroplinthite).

##### **Egli 7:**

Profil observé dans un champ de coton en position de pente un peu marquée. Sol brun à rouge-brun sableux faiblement argileux reposant entre 80-90 cm de profondeur sur la roche en altération. Sur le plan agronomique, la profondeur reste satisfaisante pour les cultures mais la capacité de rétention en eau est faible dans les horizons de surface. Les cotonniers observés sur le terrain semblent bien se comporter. Il a été classé comme Luvisol aréni-ando-squelettique (chromique).

##### **Egli 5:**

Sol de bas de pente observé dans un champ de cotonnier. Il est développé sur des matériaux argileux. Le sol est moyennement profond avec un horizon humifère bien exprimé. On note dans le profil la présence de nodules calcaires dans le matériau argileux compact. Le drainage est imparfait. Les taches d'hydromorphie ne sont pas observables dans le matériau argileux. Le sol est bien pourvu en éléments minéraux. Il a été classé comme Phaeozem luvi-andogleyique.

##### **Egli 4:**

Sol développé sur versant avec trois horizons bien distincts: un horizon superficiel bien noir assez sableux, un horizon intermédiaire sableux gravillonnaire reposant sur du matériau argilo-sableux à partir de 50 cm. La roche en altération est située autour de 75 cm environ de profondeur. La mise en valeur du sol est subordonnée à des mesures anti-érosives et à l'amélioration de la fertilité des horizons de surface. Il est classé comme Phaeozem luvi-andogleyique.

##### **Daig M1:**

Il est situé en tête de ruisseau entre deux collines. On observe dans l'environnement immédiat du profil des palmiers et des manguiers. Sur le plan morphologique, le profil est assez épais

(profondeur > à 120 cm). Trois grands horizons ont été identifiés: un horizon supérieur bien humifère avec de nombreuses racines, un horizon un peu massif situé au-delà de 80 cm. Le matériau d'ensemble est du sable fin (75 et 80 pour cent) dans l'ensemble des horizons avec des teneurs en limon variant entre 13 et 15 pour cent. Sur le plan agronomique, les discussions ont porté sur une mise en valeur tenant compte de la nécessité de maintenir la fertilité des horizons de surface et d'une bonne gestion de l'eau du sol. Il est classé comme Cambisol hypoferrallique andogleyique.

#### **Daig M3:**

Profil observé en position de haut de versant dans un champ de maïs. Sur le plan morphologique, le profil présente des horizons supérieurs sableux et des horizons sous-jacents sablo-argileux graveleux sur plus de 80 cm de profondeur. Les éléments grossiers sont constitués de graviers et blocs de quartz ou quartzite et de nombreuses concrétions ferrugineuses. La couleur d'ensemble est brune à brun-rouge. Les discussions sur le plan agronomique portent sur les contraintes que présentent ces sols, assez représentatifs des sols de la région. Les principales contraintes identifiées sont: le caractère sableux des horizons de surface, l'importance de la charge graveleuse qui limite la capacité de rétention en eau du sol. Afin d'éviter la remontée des éléments grossiers en surface, un léger travail du sol a été préconisé. En ce qui concerne la classification du sol, il a été retenu comme un Plinthosol squelettique, mais l'aspect gravillonnaire n'a pas pu ressortir dans la classification. On est convenu d'associer des spécialistes africains dans la définition des ces sols.

#### **Daig M2:**

Profil observé en position de versant sur pente assez faible. Sol sablo-argileux dans les 30 cm supérieurs, argilo-sableux en profondeur avec des faces de glissement très bien exprimées. La présence de la nappe dans le sol n'a pas permis de reconnaître nettement la structure en colonnette et la dégradation de la partie surmontant ces colonnettes. Sur la base de la morphologie et des caractéristiques physico-chimiques du sol, le profil a été classé dans le groupe des Solonetz verti-stagniques.

### **Profils développés sur matériaux ferrallitiques du Continental Terminal**

#### **Zouz 1:**

Profil observé sous plantation d'eucalyptus. Le sol est brun à brun-rouge sablo-argileux entre 0 et 60 cm, devenant argilo-sableux dans les horizons sous-jacents. Sur la base des caractéristiques morphologiques et physico-chimiques, il a été constaté que le profil ne présente pas de contraintes majeures. Les discussions ont porté sur les différentes technologies générées par la recherche pour améliorer la fertilité de ces sols et le taux d'adoption de ces technologies (mucuna, résidus de récolte, etc.) Le profil a été classé comme Nitisol eutri-rohique.

#### **Zouz 3:**

Profil observé sur une rupture de pente dans un champ de coton. Il est brun à brun-rouge, peu profond, avec de nombreux éléments grossiers (blocs de cailloux, cuirasse). Les horizons sont irréguliers. La profondeur totale du profil n'excède pas 70 cm. Le sol est régulièrement exploité en maïs et en coton. Les risques d'érosion sont élevés. La mise en valeur devra se faire en pratiquant les cultures en courbes de niveau et en restituant au sol les résidus de récoltes. Malgré la faible profondeur et la forte teneur en éléments grossiers, la fertilité du sol reste moyenne. Il est retenu comme un Plinthosol épi-pétri que

**Zouz 4:**

Profil observé dans un champ de coton en bordure de cours d'eau. Le matériau pédologique proviendrait du colluvionnement des sols situés en position amont. Bien que le profil soit morphologiquement homogène, on note une discontinuité dans la teneur des éléments tels que l'argile et le phosphore. Sur le plan agronomique, le sol est apte pour une gamme variée de cultures. Il a été classé comme Régosol eutrique.

**Remarques**

A la suite de la visite de terrain, un certain nombre de remarques s'imposent, à savoir:

1. Difficultés de se mettre d'accord sur le nom donné au sol dans le système de classification;
2. Non évidence, parfois, des horizons diagnostiques ;
3. Décalage entre la compréhension relativement simple du manuel et son application sur le terrain;
4. Tendance vers la primauté des analyses de laboratoire sur les caractères morphologiques des sols, d'où le rapprochement avec la «Soil Taxonomy», ce qui ne semble pas être l'objectif visé par la BRM.

Il apparaît donc nécessaire de mieux maîtriser l'outil et surtout d'associer les spécialistes africains à l'amélioration ou à la finalisation de la BRM.

## **COMMUNICATIONS**



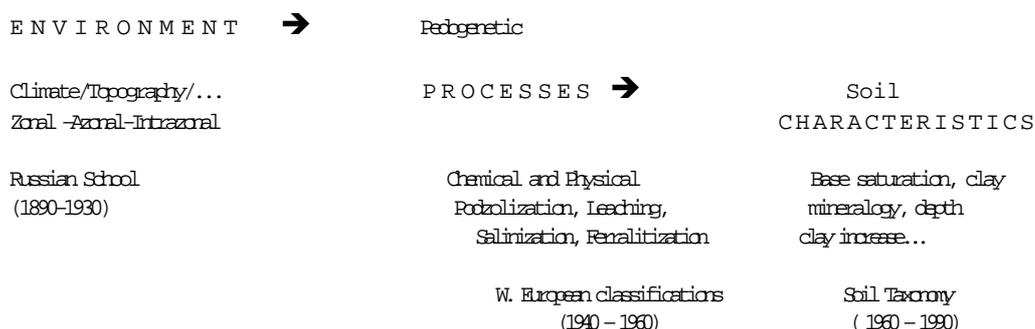
# New developments in soil classification: the World Reference Base for Soil Resources

## INTRODUCTION: A BRIEF HISTORY OF SOIL CLASSIFICATION

The first attempts of soil classification go back to the first farmers that cultivated land: they probably used straightforward criteria related to their ease of recognition and their potential and constraints: colour of the topsoil, consistency and permeability, risk for waterlogging, stoniness, etc.

Since then, soil scientists have done their very best to muddy the waters by elaborating numerous individual nomenclatures reflecting more often than not, national pride, language preference, and personal experience.

One can recognize three linked development stages in the recent history of soil classification:



We do know for instance that generally in a temperate, cool climate on sandy materials with a pine cover (=environment) cheluviation takes place (organic matter combines with Fe and Al and migrates in the profile) which leads in turn to the creation of a bleached eluvial horizon over a blackish horizon (=processes and morphology). The eluvial horizon is poorer in C, amorphous Fe or Al (=soil characteristics, together making up a diagnostic horizon).

This emphasis on these different but related aspects of soils in various national classification systems did create an effective blockage to the use of soil names and soil characteristics in other, even closely related, disciplines, such as agriculture . This in turn was detrimental not only to soil science but particularly to its application and use in other sciences as well.

An overview of recent developments in soil classification since the nineteen sixties is given in Table 1.

**Freddy O. Nachtergaele**  
*Technical Officer, Land Classification*  
 FAO, Rome

**TABLE 1**  
**Important dates in the recent history of soil classification**

1960	Seventh Approximation published by US Soil Survey Staff ISSS Congress in Madison asks FAO to prepare Soil Map of the World.
1967	Russian Classification updated (Ivanova and Rozov) The French Soil Classification published (CPCS)
1972	Soil Taxonomy published by Soil Survey Staff
1974	Legend of the Soil Map of the World published by FAO and UNESCO
1980	Last volume and map sheet Soil Map of the World published
1982	ISSS creates the International Reference base for Soil Resources (IRB)
1988	FAO, ISRIC and UNESCO publish the Revised Legend of the Soil Map of the World. (Reprinted in 1990)
1992	IRB Working Group decides to use the Revised Legend of the Soil Map of the World as a basis for the ISSS system. IRB working group renamed as World Reference Base for Soil Resources (WRB).
1994	WRB produces draft World Reference Base at ISSS Congress in Acapulco. Draft Topsoil Characterization presented.
1995	FAO produces digital Soil Map of the World and decides together with ISRIC and UNEP to undertake an update of the map using the principles of the SOTER manual.
1996	Australian Soil Classification system revised (Isbell)
1998	WRB working group produces the World Reference Base for Soil Resources in three volumes endorsed and adopted by IUSS as the official soil correlation system of the International Union of Soil Scientists.  Second Edition Soil Taxonomy published.  Référentiel Pédologique published in English (Baise).
1999	European Soil Bureau adopts WRB as correlation system for the Soil Map of Europe.
2000	SOTER adopts WRB as a reference system for classifying soil profiles.

When FAO and UNESCO were asked in 1960 by the International Society of Soil Science (ISSS) to prepare a global soil map it was in the first place required that a legend for this map be prepared. The same year “The Seventh Approximation”, the forerunner of Soil Taxonomy was published.

A soil legend is NOT in itself a soil classification system, but it requires a recognition and strict nomenclature of the major soil types recognized on the map. This was therefore a unique occasion to bring together the various soil science schools and come to a major soil correlation system agreeable to all.

This was realized in 1974 by:

- adopting Soil Taxonomy as an objective and language-neutral system as a basis;

- simplifying definitions of horizons and epipedons where possible;
- excluding climate as a factor in the classification;
- maintaining well-known major soil names, dear to specific national classifications (Solonchaks, Chernozems, Rankers);
- maintaining a link with pedogenesis where possible.

The Legend of the Soil Map of the World contained 26 Major Soil Groups and 106 Soil Units. Not all were represented on the map (e.g. Gelic Planosols), nor was the system fully comprehensive as not all combinations of diagnostic horizons could be classified in it. The soil map itself was finalized in 1980 and a digital version with a number of thematic layers is available from FAO since 1995. It remains a unique inventory more than 20 years after its finalization, and is presently being updated under the Global SOTER programme.

In 1982, the International Soil Science Society, FAO and UNEP initiated a project to construct an internationally accepted soil classification system through which national systems could be correlated and which would hopefully lead to a unique system on soil nomenclature which would make soil information more accessible to other sciences and to the public at large. This initiative was known as the International Reference Base for Soil Resources (IRB).

In 1988, FAO, ISSS and ISRIC issued a Revised Legend of the Soil Map of the World increasing the number of groups from 26 to 28 and the number of soil units from 106 to 153.

It proposed a “third level” of classification and made a first attempt to recognize soils strongly influenced by human activities (Anthrosols) as a separate category.

In 1992 the IRB working group realized that the Revised Legend was a good framework and indicated that by giving it more depth and explaining its background, IRB would reach its aim. The decision was then taken for FAO, ISRIC and ISSS to develop a “World Reference Base for Soil Resources” (WRB) on this basis. By calling on soil specialists of all over the world a first draft was produced for the International Soil Congress in Acapulco in 1994. The structure of the Revised Legend was maintained and a third level added.

Between 1994 and 1998, numerous WRB meetings and field tours resulted in substantive changes in approach as well as in details of the soil classification.

- Thirty Reference Soil Groups were retained as the first level of the system representing the major soil groups with a unique combination of characteristics identifiable to agronomists and other scientists.
- The second level was characterized by the use of **UNIQUELY DEFINED MODIFIERS** that are used in sequence, resulting in unequivocal definitions of soil units and the possibility to characterize soil profiles fully.

In 1998, at the International Union of Soil Science, the World Reference Base for Soil Resources was presented in 3 volumes and adopted by the IUSS as the reference system of the Organization; its use was recommended as a standard in all peer reviewed scientific journals.

Since then WRB has been translated in eight languages (English, French, Spanish, Italian, German, Chinese, Lithuanian, and Japanese) and has been adopted as the Reference System by the European Soil Bureau. WRB appears to have become in a very short time a true reference system for the soil science community, but it has still a long way to go to be adopted by the other sciences.

Future developments will include the development of a Topsoil Characterization of which a first draft was already presented in the Acapulco Congress and is available from the Web. It will become available as a FAO World Soil Resources Report.

The three WRB books presently being sold commercially should become available next year in a “student” edition at very low cost accompanied with a CD-ROM with numerous soil profile pictures.

A meeting paying special attention to WRB and the classification of Anthrosols will be held in Budapest, 2-7 October 2001.

Regularly Updated News on WRB is available from the FAO Web site at: [www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGL/agll/wrb/wrbhome.htm](http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGL/agll/wrb/wrbhome.htm)

### **WRB OBJECTIVES**

The primary objective of the *World Reference Base for Soil Resources* is to provide scientific depth and background to the 1988 FAO Revised Legend, incorporating the latest knowledge relating to global soil resources and their interrelationships. To include some of the most recent pedological studies and to expand use of the system from an agricultural base to a broader environmental one, it was recognized that a limited number of important changes to the 1988 Legend was necessary.

More specifically, the other objectives are:

- to develop an internationally acceptable system for delineating soil resources to which national classifications can be attached and related, using FAO’s Revised Legend as a framework;
- to provide this framework with a sound scientific basis so that it can also serve as a communication tool for different applications in related fields such as agriculture, geology, hydrology and ecology. Hence WRB aims to promote international use of pedological data, not only by soil scientists but also by other users of soil and land information;
- to recognize within the framework important spatial relationships of soils and soil horizons as characterized by topo- and chronosequences; and
- to emphasize the morphological characterization of soils rather than to follow a purely laboratory-based analytical approach.

WRB is designed to provide an easy means of communication amongst scientists to identify, characterize and name major types of soils. It is not meant to replace national soil classification systems, but be a tool for better correlation among national systems. It aims to act as a common denominator through which national systems can be compared. WRB also serves as a common ground among people with an interest in land and natural resources.

Additional objectives are to improve:

- the evaluation of soil resources and the potential use of different types of soils;
- the monitoring of soils, particularly soil development which is dependent on the way soils are used by the human community;

- the validation of experimental methods of soil use for sustainable development, which maintain and, if possible, improve the soil's potential; and
- transfer of soil use and management technologies from one region to another.

## **WRB PRINCIPLES**

The general principles on which the WRB is based were laid down during the early Sofia meetings (Dudal, 1980, Schlichting, 1983), and further elaborated upon by the Working Groups entrusted with its development. These general principles can be summarized as follows:

- The classification of soils is based on soil properties defined in terms of diagnostic horizons and characteristics, which to the greatest extent possible should be measurable and observable in the field.
- The selection of diagnostic horizons and characteristics takes into account their relationship with soil forming processes. It is recognized that an understanding of soil forming processes contributes to a better characterization of soils but that they should not, as such, be used as differentiating criteria.
- To the extent possible at a high level of generalization, it is attempted to select diagnostic features which are of significance for management purposes.
- Climatic parameters are not applied in the classification of soils. It is fully realized that they should be used for interpretation purposes, in dynamic combination with soil properties, but they should not be part of soil definitions.
- WRB is meant to be a comprehensive classification system that may be a starting point for people to accommodate their own national soil classification system. It comprises two tiers of categorical detail:
  1. the "Reference base" which is limited to the first level only, having 30 reference soil groups; and
  2. the "WRB Classification System" consisting of combinations of a set of prefixes as unique quantifiers (or modifiers) added to the reference soil groups, allowing very precise characterization and classification of individual soil profiles.
- The reference soil units in WRB should be representative of major soil regions so as to provide a comprehensive overview of the world's soil cover.
- The reference base is not meant to substitute for national soil classification systems but rather to serve as a common denominator for communication at an international level. This implies that lower-level categories, possibly a third category of the WRB, could accommodate local diversity at country level. Concurrently, the lower levels could emphasize soil features which are important for land use and soil management.
- The Revised Legend of FAO/UNESCO Soil Map of the World has been used as a basis for the development of the WRB in order to take advantage of the international soil correlation work which has already been conducted through this project.
- Definitions and descriptions of soil units are to reflect variations in soil characteristics both vertically and laterally so as to account for spatial linkages within the landscape.

- The term 'Reference Base' is connotative of the common denominator function that the WRB will assume. Its units should have sufficient width to stimulate harmonization and correlation of existing national systems;
- In addition to serving as a link between existing classification systems, the WRB may also serve as a consistent communication tool for compiling global soil databases and for the inventory and monitoring of the world's soil resources.
- The nomenclature used to distinguish soil groups will retain terms which have been traditionally used or which can easily be introduced in current language. These terms are precisely defined in order to avoid the confusion that occurs when names are used with different connotations.

Although the basic framework of the FAO Legend, with its two categoric levels and guidelines for developing classes at a third level, was adopted, it has been decided to merge the lower levels. Each reference soil group of WRB is provided with a listing of possible modifiers in a priority sequence, from which the user can construct the various lower-level units. The broad principles that govern the WRB class differentiation are:

- at the higher categoric level, classes are differentiated mainly according to the primary pedogenetic process that has produced the characteristic soil features; and
- at the lower categoric levels, classes are differentiated according to any predominant secondary soil forming process that has significantly affected the primary soil features. In certain cases, soil characteristics that have a significant effect on use may be taken into account.

An overview of the 30 Reference Soil Groups is given in Table 2.

## **THE WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES (WRB) CLASSIFICATION SYSTEM**

### **Elements of WRB**

For describing and defining the Reference Soil Groups and soil units of the WRB, use is made of soil characteristics, properties and horizons, which in combination will define soils and their interrelationships.

Soil characteristics are single parameters that are observable or measurable in the field, in the laboratory, or can be analyzed by using microscopic techniques. They include characteristics such as colour, texture and structure of the soil, features of biological activity, arrangement of voids and pedogenetic concentrations (mottles, cutans, nodules, etc.) as well as analytical determinations (soil reaction, particle-size distribution, cation exchange capacity, exchangeable cations, amount and nature of soluble salts, etc.).

Soil properties are combinations of soil characteristics which are known to occur in soils and which are considered to be indicative of present or past soil-forming processes (e.g. vertic properties are a combination of clayey texture, smectitic mineralogy, gilgai, slickensides, hard consistence, shrinking when dry, sticky consistence and swelling when wet).

Typical newly identified diagnostic horizons in the World Reference Base for Soil Resources are, for example, the vertic horizon, characteristic for the Vertisols, the duric horizon, defining the Durisols, and the plinthic horizon in the Plinthosols.

**TABLE 2**  
**An overview of the WRB Reference Soil Groups, arranged by the environmental conditions responsible for the soil-forming factors and properties**

Soils conditioned by relief	Soils conditioned by parent material	Soils of (semi-) arid regions	Soils of the steppe regions	Soils of the temperate regions	Soils of the tropical regions
FLUVISOLS	ARENOSOLS	CALCISOLS	KASTANOZEMS	LUVISOLS	LIXISOLS
GLEYSOLS	ANDOSOLS	DURISOLS	CHERNOZEMS	PLANOSOLS	ACRISOLS
REGOSOLS	VERTISOLS	GYPSISOLS	PHAEOZEMS	ALBELUVISOLS	ALISOLS
LEPTOSOLS		SOLONETZ		PODZOLS	NITISOLS
		SOLONCHAKS			FERRALSOLS
					PLINTHOSOLS
Organic soils	Soils of limited age		Soils of the arctic regions		
HISTOSOLS	CAMBISOLS		CRYOSOLS		
	UMBRISOLS				
Human-made soils					
ANTHROSOLS					

Reference Soil Groups are defined by a vertical combination of horizons within a defined depth, and by the lateral organization of these horizons, or by the lack thereof.

Soil horizons and properties are intended to reflect the expression of genetic processes that are widely recognized as occurring in soils. They can therefore be used to describe and define soil classes. They are considered to be “diagnostic” when they reach a minimum degree of expression, which is determined by visibility, prominence, measurability, importance and relevance for soil formation and soil use, and quantitative criteria. To be diagnostic, soil horizons also require a minimum thickness, which must be appraised in relation to bio-climatic factors (e.g. a spodic horizon in boreal regions is expected to be less thick than in the tropics).

In addition, use is made in WRB of diagnostic soil materials, which sometimes define Reference Soil Groups such as Fluvisols (fluvic soil materials), or are used as a modifier in the classification system (e.g. sulfidic soil material to identify Thionic lower level units).

**The classification approach in the World Reference Base**

The most important innovation in the World Reference Base is the building-block approach. Exclusive use is made of standard definitions for each subdivision name (modifier) of a Soil Reference Group. For instance, while in the Revised Legend the term “dystric” had several meanings (less than 75 percent base saturation in Vertisols, less than 50 percent in different depth-control sections in Cambisols and Planosols) , in WRB “dystric” has a unique meaning,

which is : “having a base saturation (by 1M NH<sub>4</sub>OAc) of less than 50 percent in at least some part between 20 and 100 cm from the soil surface, or in a layer 5cm or more thick directly above a lithic contact in the Leptosols.

The building blocks are the uniquely defined modifiers as described above. There are 121 of these, which compares favourably with the 152 different soil units in the Revised Legend. An overview of all modifiers (qualifiers) is given in Table 3. An example of their definitions is given in Box 1. These building blocks are used to define the lower level subunit as illustrated in the following example:

### Example

In Vertisols the following modifiers have been recognized, in order of priority:

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. Thionic      | intergrade with acid sulphate Gleysols and Fluvisols   |
| 2. Salic        | intergrade with the Solonchaks                         |
| 3. Sodic        | intergrade with the Solonetz                           |
| 4. Gypsic       | intergrade with the Gypsisols                          |
| 5. Calcic       | intergrade with the Calcisols                          |
| 6. Alic         | intergrade with the Alisols                            |
| 7. Gypsic       | containing gypsum                                      |
| 8. Pellic       | are dark coloured, often poorly drained                |
| 9. Grumic       | have a mulched surface horizon                         |
| 10. Mazic       | have a very hard surface horizon; workability problems |
| 11. Chromic     | are reddish coloured                                   |
| 12. Mesotrophic | having less than 75 percent base saturation            |
| 13. Hyposodic   | having an ESP of 6 to 15                               |
| 14. Eutric      | having base saturation over 50 percent                 |
| 15. Haplic      | most common one  |

To classify a reddish coloured Vertisol with a calcic horizon one would follow the priority list and note that modifiers 5 and 11 apply. Therefore, the soil is classified as Chromi-Calcic Vertisol.

When more than two modifiers can be used, they can be added within brackets after the standard name. If, for instance, the Vertisol discussed also has a very hard surface horizon (modifier 10), the soil would be named Mazi-Calcic Vertisol (Chromic).

In addition to the unique modifiers, an opportunity is created to indicate depth (from shallow to deep: Epi, Endo, Bathi) and intensity (from weak to strong: Proto, Para, Hypo, Ortho and Hyper) of features, important for management interpretations. In the example above, one may indicate the occurrence of the calcic horizon within 50 cm from the surface by classifying the soil as Chromi-Epicalcic Vertisol. In cases of polysequential soil profiles, the modifiers Cumuli or Thapto can be used to indicate accumulation or burial.

For each reference soil group there is a defined list of which modifiers may be used and in which a priority order is given. This is illustrated in Table 4.

Since the conception of the WRB classification system there have been calls for a more strict and reasoned priority listing which would be most helpful, mainly for educational purposes (H. Eswaran, personal communication). On the other hand there is a case to be made not to use

**TABLE 3**  
**General alphabetical list of modifiers**

	Abruptic		Fenalic		Lixic		Rhodic
	Aoeric		Feric		Luvic		Rubic
	Acric		Fibric		Magnesian		Ruptic
	Acroxic		Folic		Mazic		Rustic
	Albic		Fluvisol		Melanic		Salic
	Alcalic		Fragic		Mesotrophic		Sapric
	Alic		Fulvic		Mollic	100	Silic
	Alumic		Geric	70	Natric		Siltic
	Andic	40	Gelic		Nitic		Skeletal
10	Anthraquic		Gelistagnic		Ochric		Sodic
	Anthic		Gerac		Ombric		Spodic
	Anthropic		Gibbsic		Oxyaquic		Spolic
	Arenic		Glacic		Pachic		Stagnic
	Aric		Gleyic		Pellic		Sulphatic
	Aridic		Glossic		Petric		Takyric
	Arzic		Greyic		Petrocalcic		Teghric
	Calcaric		Gumic		Petroduric	110	Teric
	Calcic		Gypsic	80	Petrogypsic		Thionic
	Carbic	50	Gysiric		Petroplinthic		Toxic
20	Carbonatic		Haplic		Petrosalic		Turbic
	Chernic		Histic		Placic		Umbric
	Chloridic		Hortic		Plaggic		Urbic
	Chromic		Humic		Planic		Vetic
	Crylic		Hydragric		Plinthic		Vermic
	Cutanic		Hydric		Posic		Vertic
	Densic		Hyperochric		Profondic		Vitric
	Duric		Hyperskeletal		Protic	120	Xanthic
	Dystric		Inagic	90	Reductic		Yemic
	Entic	60	Lamellic		Regic		
30	Eutric		Lepitic		Rendzic		
	Eutrisilic		Lithic		Rheic		

Where relevant, the names can be defined further using prefixes, for example Epigleyi-, Protothioni-. The following prefixes can be used:

Bathi	Epi	Orthi	Thapto
Cumuli	Hyper	Para	
Endo	Hypo	Proto	

**Box 1. Examples of the unique modifier definitions:**

- Carbi-** having a cemented *spodic* horizon that does not contain enough amorphous iron to turn redder on ignition (*in Podzols only*).
- Carbonati-** having a soil solution with pH > 8.5 (1:1 in water) and  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  (*in Solonchaks only*).
- Cherni-** having a *mollic* horizon more than 30 cm thick, having a strong granular structure and a Munsell colour value and chroma, moist, of less than 2 throughout the upper 15 cm (or immediately below the plough layer). Bulk density is generally between 0.9 and 1.3.
- Chloridi-** having a soil solution (1:1 in water) with  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$  (*in Solonchaks only*).
- Chromi-** having a B horizon that in the major part has a Munsell hue of 7.5 YR and a chroma, moist, of more than 4, or a hue redder than 7.5 YR.
- Cryi-** having a *cryic* horizon within 100 cm of the soil surface.

**TABLE 4**  
**Priority listing of lower level units of reference soil groups**

ALBELUVISOLS	ALISOLS	VERTISOLS	ACRISOLS	LUVISOLS
Geli-	Verti-	Thionic-	Plinthi-	Lepti-
Gleyi-	Plinthi-	Salic-	Gleyi-	Veti-
Ali-	Gleyi-	Sodic-	Ardi-	Gleyi-
Umbri-	Ardi-	Gypsic-	Umbri-	Ardi-
Fragi-	Niti-	Calcic-	Areni-	Calci-
Stagni-	Umbri-	Alic-	Stagni-	Areni-
Endoeutri-	Areni-	Gypsic-	Geri-	Stagni-
Abrupti-	Stagni-	Pellic-	Albi-	Albi-
Ferri-	Albi-	Grumic-	Humi-	Hyposodi-
Hapli-	Humi-	Mazic-	Veti-	Profondi-
	Abrupti-	Chromic-	Abrupti-	Ferri-
	Lamelli-	Mesotrophic-	Lamelli-	Lamelli-
	Profondi-	Hyposodic-	Profondi-	Rhodi-
	Ferri-	Eutric-	Ferri-	Chromi-
	Hyperdystri-	Haplic-	Alumi-	Hyperochri-
	Rhodi-		Hyperdystri-	Dystri-
	Chromi-		Rhodi-	Hapli-
	Hapli-		Chromi-	
			Hyperochri-	
			Hapli-	

the priority listing at all, because if WRB is used as a classification system the order of the building blocks does not matter while if used as a legend, the cartographer should be left the freedom to set his own priority rules.

Furthermore, use is made of standard depths: no other depth limits than 10, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100, 150 and 200 cm have been used. Although still less than satisfactory this is considered an improvement over the Revised Legend.

The modifiers can be used to identify specific soil problems as illustrated in the following Table 5.

#### IMPLICATIONS OF WRB FOR SOIL INVENTORIES WITH SPECIAL REFERENCE TO WEST AFRICA

Although there are examples where soil classifications have been used as pure legends, it is generally accepted that, although related, the two issues of classification and map legends should not be confused. Soil surveys, and particularly large scale regional soil surveys, perhaps at 1:200 000 or larger, require legend criteria which can not be covered to the last detail by even a very comprehensive soil classification. Some examples of these factors are: slope, drainage criteria, precise colour ranges for certain horizons, classes of stoniness, pH, precise texture ranges including sand classes, etc. These "soil series" criteria have by necessity to be developed by the local surveyors within a nationally agreed system. What should be aimed at is the possibility to incorporate, or at least attach, these "local soil series" within an international system at a higher level. This in turn requires that at the highest level of the national classification, a soil classification system is used that is compatible with WRB. The FAO revised legend, Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1998 and 1999) and the Référentiel Pédologique Français (AFES, 1995) have relatively little problems with this approach, but more purely pedogenetic classification systems such as the Russian or old French CPCS system may pose more difficulties for soil correlation.

**TABLE 5**  
**WRB modifiers and related soil management problems**

<b>Abruptic</b>	Stagnant water, rooting depth obstacle, increased erosion risk on sloping land.
<b>Planic</b>	
<b>Aceric</b>	Cat clay; turns extremely acid when drained.
<b>Acric</b>	Acid, presence of low activity clays, clay increase with depth.
<b>Acroxic</b>	Extremely poor nutrient retention.
<b>Albic</b>	Presence of a sandy poor layer at shallow depth.
<b>Alcalic</b>	Alkaline (pH > 8,5)
<b>Alic</b>	High (> 50 %) Al- saturation
<b>Alumic</b>	
<b>Andic</b>	High Phosphorus fixation
<b>Anthraquic</b>	Presence of a puddled layer and a plough pan.
<b>Arenic</b>	Sandy upper horizons often low inherent fertility and poor moisture holding capacity (dries out quickly)
<b>Arzic</b>	Presence of gypsum and a high water table
<b>Calcagic</b>	Presence of Calcium carbonate. Fe deficiency possible.
<b>Calcic</b>	
<b>Dystric</b>	Acid.
<b>Ferralic</b>	Presence of low activity clays. Low inherent fertility.
<b>Geric</b>	Poor nutrient retention. Low inherent fertility.
<b>Gibbsic</b>	Al- toxic, low inherent fertility.
<b>Gleyic</b>	High groundwater table.
<b>Grumic</b>	Vertisols with a self mulching layer.
<b>Gypsic</b>	High gypsum content. Structure may collapse when wet or irrigated.
<b>Gypsic</b>	
<b>Histic</b>	Peat soils. Do not drain.
<b>Leptic</b>	(Very) Shallow rooting depth available.
<b>Lithic</b>	
<b>Mazic</b>	Vertisols with hard surface horizon.
<b>Natric</b>	High sodium saturation. Na-toxic, bad soil structure.
<b>Sodic</b>	
<b>Ochric</b>	Generally poor in organic matter.
<b>Petric</b>	Strongly cemented, impermeable, stagnant water, limited rooting depth.
<b>Petro-</b>	
<b>Rendzic</b>	Limited rooting depth, calcareous, gravelly.
<b>Salic</b>	Presence of soluble salts. Physiologically dry soils.
<b>Skeletal</b>	High gravel content, good aeration but low moisture holding capacity.
<b>Stagnic</b>	Stagnant water near the surface.
<b>Thionic</b>	Presence of sulfidic materials (mangrove).
<b>Toxic</b>	Presence of toxic elements for plant growth.
<b>Vertic</b>	Deep cracks and very hard when dry, very sticky when wet.
<b>Vitric</b>	Volcanic soils, high phosphorus fixation.

**TABLE 6**  
**National soil maps of Africa south of the Sahara**

Country	1:1 M	1:500 000	1:250 000	> 1:250 000	Partial information	Year
Angola					1:2.5 M SOTER#	
Benin				CPCS		1978
Botswana	SOTER#					1990
Burkina Faso		CPCS				1976
Burundi	SOTER#		Local			1980
Cameroon		S. Tax				1991
Cape Verde					*	
Cent. African Rep.				CPCS		1978
Chad	CPCS					
Comoros					*	
Congo DPR					1:5 M SOTER#	
Congo PR	CPCD				1:5 M SOTER#	1976
Côte d'Ivoire						
Equat. Guinea					*	
Ethiopia	SOTER#					1988
Gabon				CPCS		1977
Gambia				Local		1976
Ghana				FAO		
Guinea					*	
Guinea Bissau					*	
Kenya	SOTER					1988
Lesotho			Local			1983
Liberia		FAO				1990
Madagascar	CPCS					1968
Malawi			FAO			1991
Mali		S. Tax				1983
Mauritius				CPCS		1984
Mozambique	SOTER#					1995
Namibia	SOTER#					
Niger					*	
Nigeria	FAO	Local				1981
Rwanda	SOTER#			S. Tax		1990
Sao Tome & Principe						*
Senegal				CPCS		1980
Seychelles					*	
Sierra Leone					*	
South Africa	SOTER		Local			
Swaziland			Local			1968
Tanzania					1:2M SOTER#	
Togo				CPCS		1979
Uganda	SOTER#					1988
Zambia	FAO					1991
Zimbabwe	Local					1979

S. Tax: Soil Taxonomy

FAO: FAO-Unesco

\* no information

CPCS: ORSTOM

Local: Local classification

SOTER: Full SOTER exercise

SOTER#: Partial SOTER exercise

**TABLE 7**  
**Operational plan for a World SOTER: 1995-2002**

Region	Status	Main agencies Involved	Published date
Latin America and the Caribbean	Published	ISRIC, UNEP, FAO, CIAT, national soil institutes	1998
Northeastern Africa	Published	FAO-IGAD	1998
South and Central Africa	Ongoing	FAO-ISRIC-national inst.	2000
North and Central Eurasia	Published	IIASA, Dokuchaev Institute, Academia Sinica, FAO,	1999
Eastern Europe	Finalized	FAO-ISRIC-Dutch Government-national inst.	2000
Western Europe	Ongoing	ESB-FAO-national inst.	2001
West Africa	Proposal submitted	Awaits funding (ISRIC, IITA)	
Southeast Asia	Proposal discussed	Awaits funding	
USA and Canada	Own Effort	NRCS	?
Australia	Own Effort	CSIRO	?

In the West African context it is also appropriate to draw attention to the fact that it is a challenge and an opportunity for a number of regional soil services within single countries in West Africa to transcend their differences and adopt WRB as a common national approach to soil classification in line with, and endorsed by, the IUSS.

There has been, for historical reasons, a wide diversity in national West African soil classification systems which results in problems for regional harmonization and transfer of technology.

Many francophone countries have since colonial times adopted the French classification system (CPCS) which has now been abandoned by France. The new French classification system does NOT take into account tropical soils and the West African countries concerned are left with a system no longer supported by its originator.

Some countries have adopted Soil Taxonomy, a system that has undergone many changes in the last ten years and continues to rely on complex definitions, expensive laboratory methods while ignoring for all practical purposes human influences in soils and topsoil characteristics most important for agriculture.

Table 6 gives an overview of the most recent national soil maps produced by countries in Africa south of the Sahara.

West Africa is one of the few regions in the world sorely lacking an update of regional soil information, as illustrated in Table 7. It is therefore opportune that all countries in the region accelerate the way they harmonize their soil information by adopting a neutral and simplified correlation system which is able to support regional soil and land degradation inventories, such as the one proposed by WASOTER and WOCAT for the region.

The other issue involved in local soil surveys is the way soil information can be stored and represented. The recent advances in computer and database management and Geographical

Information Systems, coupled with the enhanced resolution of satellite images, allows for a more natural ordering of soil and related information than was possible in a classical soil map. There is a general agreement that a land system approach is to be preferred, in which at the highest level large natural landscapes are recognized, at a lower level parent material and other terrain criteria can be brought in, while the soil information *sensu stricto* can be stored at a third level in which the soil associations are put in their natural context, each identified by a typifying pedon. It is obvious that not all soil units can be represented by profiles, and that each typifying pedon may stand for a number of similar soils in different units in a country or region. This kind of arrangement of soil information has been promoted at national scale for instance by Mitchell and Howard (1978) and CSIRO in Australia (Isbell, 1996), and by the landscape approach of the French school (Duchaufour, 1997). At regional level a similar technique is proposed by Finke *et al.* (1998) for the European Soils Bureau (ESB), while at the international level the SOTER (UNEP/ISSS/ISRIC/FAO, 1995) approach as endorsed by the International Union of Soil Sciences (IUSS), UNEP and FAO is the norm. Although the details among these methods differ, the major difficulty in unifying them appears to be more political and commercial than scientific.

In addition copyright rules on soil data and maps are becoming an issue region. The harmonization of these different approaches and the free accessibility of soil and terrain data remains a priority. Progress and technology transfer is only possible when data are freely available to all, and this is the more true for developing countries.

The concern of many computer scientists to deal with measured observations, rather than with expert opinions, has led to a more systematic inclusion and use of soil profile data in thematic databases. In the best case these databases have been elaborated upon by pedotransfer functions which allow calculation of missing soil parameters with a certain degree of reliability. Although, ideally, each mapping unit is characterized by an actual soil profile (or an association of profiles) occurring in it, for economic reason the number of soil profiles actually described and measured often remains very limited, and the reliability of extrapolating these results remains debatable. In this context the problem of the format and content of different soil databases can be raised. It is indeed remarkable how many database structures deal nearly exclusively with laboratory data, at the exclusion of morphological profile data. This may limit the possible applications of these inadequately conceived data structures. Therefore the use of broader and more open data storage systems as proposed in SOTER or in the FAO/ISRIC/CSIC multilingual soil profile database (FAO, 1995) is recommended.

Another warning in this context concerns faith often expressed by the general user of soil information in laboratory analyses. Various studies on within- and between- differences of laboratory results have shown a high variability in the results obtained and to base calculations on these may result in error propagation.

## CONCLUSION

Soil science has suffered from the lack of a generally accepted system of soil classification that has resulted in a loss of credibility and in a limited interaction with other disciplines. It is hoped that the updating of the Soil Map of the World and the development of the WRB will remedy this situation and will progressively lead to a generally agreed identification of major soil groups and of the criteria to separate them at an international level. The great diversity of the soil cover at country scale justifies national systems at the lower levels. This two-pronged approach will facilitate the establishment of an international consensus.

It is a challenge for the WRB to remedy the widespread ignorance of the soil resources that still prevails. When dealing with the protection of animal species one finds it normal that a distinction be made between endangered rhinos, blue whales or pandas. It is realized that measures must be geared to the specific characteristics and problems of the animal concerned. With soils, even though there is an awareness that they may be different, they are often dealt with as if they were the same. As a result a great deal of misinformation is being generated - about environmental hazards related to agriculture, desertification, degradation - which often leads to decisions which are contrary to sound development. WRB should serve as a first entry into the knowledge of soil diversity and soil distribution, accessible to other disciplines and to a wider public (Dudal, 1996). It is imperative that soil science assert itself in the public debate and in the overall scientific community. A common WRB language could provide the means to do so particularly in Western Africa.

Even though it is generally recognized that soils are an important resource it appears that available soils information is under utilized or even ignored. It is a challenge for soil scientists to influence policy and opinion so that decisions with regard to the effective use of natural resources can be made more rationally. Meeting this challenge will require that soil science broadens its constituency beyond traditional agricultural partners, that it applies itself to develop solutions to problems of soil and land management, that it breaks through a reductionist approach, that it enhances communication with different users. If soil scientists fail to address the problems with the skills at their disposal, then others will, with less knowledge and authority.

It is also a challenge and an opportunity for a number of provincial autonomous soil services within single countries, particularly in Europe, to transcend their differences in soil classification and adopt WRB as a national reference system.

Fundamental differences between map legends and soil classification systems should not be confused, while trapfalls related to an unwarranted reliance on (pedo) statistics, laboratory results and computer modelling should not be pursued at the cost of less field observations.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This article is largely based on a joint effort with my colleagues in the Working Group on the World Reference Base, in particular Jozef Deckers (Leuven University), Otto Spaargaren (ISRIC) and Bob Ahrens (USDA). Parts of the text were published as a paper in *Geoderma* (2000).

#### REFERENCES

- AFES.** 1995. *Référentiel Pédologique. Techniques et pratiques.* Baize D. et M.-C. Girard (coord. scient.). INRA Editions. Paris. 332 p.
- Duchaufour, P.** 1997. *Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement.* 5<sup>e</sup> édition, Masson, Paris, 291 p.
- Dudal, R.** 1980. *Towards an International Reference Base for Soil Classification*, ISSS Bulletin Nr. 57, p. 19-20.
- Dudal, R.** 1990. *Progress in IRB preparation:* In: Soil Classification. Reports of the International Conference on Soil Classification, 12 – 16 September 1988, Alma-Ata, USSR. Rozanov B.G. (ed.). Centre for International Projects, USSR State Committee for Environmental Protection., Moscow. pp. 69-70.
- Dudal, R.** 1996. *A World Reference Base for Soil Resources: Background, Principles and Challenges.* Proceedings International WRB Workshop, Pretoria, 9 p.

- FAO.** 1974. *The legend of the Soil Map of the World*. Volume 1, UNESCO, Paris.
- FAO/ISRIC/CSIC.** 1995. *Multilingual Soil Database*. World Soil Resources Report No. 81, FAO, Rome.
- FAO/ISRIC/ISSS.** 1998. *World Reference Base for Soil Resources*. World Soil Resources Report No. 84. FAO, Rome.
- FAO/UNESCO/ISRIC.** 1988; 1990. *Revised Legend of the Soil Map of the World*. World Soil Resources Report No. 60. FAO, Rome.
- Finke, P., Hartwich, R., Dudal, R., Ibanez, J., Jamagne, M., King, D., Montanarella, L. and Yassoglou, N.** 1998. *Georeferenced Soil Database for Europe*. Manual of Procedures. Version 1.0. ESB, JRC Ispra, Italy.
- Galligani, U. & Magaldi, D.** 1997. *The translation of the soil name from the EC Soil Map at 1:1 M legend (1985) to the FAO-Unesco Revised Legend*. Draft prepared for ESB meeting, Bologna, 3-5 December 1997.
- Isbell, R.E.** 1996. *The Australian Soil Classification*. *Australian Soil and Land Survey Handbook*. CSIRO, Australia, 143 p.
- ISSS Working Group RB.** 1998a. *World Reference Base for Soil Resources*. Introduction (J.A Deckers, F.O Nachtergaele, O.C. Spaargaren, eds). First edition. ISSS/ISRIC/FAO. Acco Leuven.
- ISSS Working Group RB.** 1998b. *World Reference Base for Soil Resources*. Atlas (E.M. Bridges, N.H. Batjes, F.O Nachtergaele Eds). First edition. ISSS/ISRIC/FAO. Acco Leuven.
- Mitchell, C.W. & Howard, J.A.** 1978. *Land System Classification. a case history : Jordan*. AGLT Bulletin 2/78. FAO, Rome.
- Nachtergaele, F.O, Spaargaren, O., Deckers J.A. & Ahrens, B.** 2000. New developments in soil classification. World Reference Base for Soil Resources. *Geoderma* 96 (2000): 345-357
- Schlichting, E.** 1983. *Third Meeting of an 'International Reference Base for Soil Classification (IRB)'*, ISSS Bulletin, Nr. 64, p. 20.
- Soil Survey Staff.** 1998. *Keys to Soil Taxonomy*. USDA. National Resources Conservation Service. Eighth edition.
- Soil Survey Staff.** 1999. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Second Edition. Agricultural Handbook 436. USDA-NRCS. Washington, DC. 869 p.
- UNEP/ISSS/ISRIC/FAO.** 1995. *Soil and Terrain Database (SOTER)*. World Soil Resources Report No. 74, rev. FAO, Rome.

# Les sols béninois: classification dans la Base de référence mondiale

## RÉSUMÉ

Au Bénin il existe cinq catégories de sols dominants dont la genèse et l'évolution résultent de l'action conjuguée d'un certain nombre de facteurs tels que le climat, les formations végétales, les roches-mères, l'altération, les modelés, l'histoire géomorphologique et les actions anthropiques. Ces sols se sont formés à partir des roches sédimentaires, du socle cristallin et des dépôts alluviaux.

Les principaux types de sols sont: les sols ferrugineux tropicaux (65 pour cent); les sols peu évolués (20 pour cent); les sols ferrallitiques (10 pour cent); les sols hydromorphes (3 pour cent); les vertisols (2 pour cent).

Sur la base de la morphologie des profils et des analyses chimiques, les principaux sols ont été corrélés avec la Base de référence mondiale (BRM). Il en résulte que chaque catégorie peut correspondre à plusieurs groupes de sols de la BRM, celle-ci permettant de faire ressortir les caractéristiques dominantes du sol en vue de sa mise en valeur.

## INTRODUCTION

La répartition géographique des sols du sud au nord se présente comme suit:

- sur le cordon sableux du littoral: sols minéraux bruts ou peu évolués d'apport;
- dans le bassin sédimentaire sud: sols ferrallitiques formés sur le Continental Terminal;
- dans la dépression de la Lama: vertisols;
- dans les vallées alluviales et plaines inondables: sols hydromorphes;
- dans la partie restante (socle granito-gneissique, massif de l'Atacora, les schistes de la Pendjari et les grès de Kandi), ce sont essentiellement des sols ferrugineux tropicaux avec quelques enclaves de sols ferrallitiques et de vertisols. On y trouve également des sols minéraux bruts et peu évolués d'apport ou d'érosion au piedmont des reliefs résiduels et sur les massifs.

## DESCRIPTION DES SOLS DOMINANTS

Sur la base de la carte des sols du Bénin à l'échelle de 1/2 500 000, on distingue par ordre d'importance, les unités suivantes:

- A – sols ferrugineux tropicaux
- B – sols peu évolués

- C – sols ferrallitiques
- D – sols hydromorphes
- E – vertisols

### **A. Sols ferrugineux tropicaux**

Ces sols, les plus répandus au Bénin, couvrent près de 75 pour cent de la surface du pays, soit environ 84 467 km<sup>2</sup>. Ils se caractérisent par une altération forte mais moins poussée que dans le cas des sols ferrallitiques et par l'accumulation d'hydrates ferriques associés à très peu d'oxydes aluminiques.

Ils se répartissent en:

- sols ferrugineux tropicaux lessivés bien drainés
- sols ferrugineux tropicaux lessivés à engorgement de profondeur
- sols ferrugineux tropicaux lessivés mal drainés.

#### ***Description des caractéristiques***

Les caractéristiques principales sont les suivantes:

- Profondeur de sol variable (en tout cas moins de 3 m).
- Une nette horizonation des profils pédologiques.
- Horizon de surface riche en matière organique: 1,5 pour cent dans la partie supérieure, moins de 1 pour cent dans sa partie inférieure.
- Présence, parfois, d'un horizon de transition lessivé (30–40 cm) et d'un horizon d'accumulation en argile et en fer avec ou sans concrétions et nodules.
- Le rapport limon fin sur argile est toujours supérieur à 0,20 et celui SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> à 2.
- Le drainage interne généralement bon est parfois mauvais.
- Présence d'horizon induré (surtout dans les bas-versants).

#### ***Distribution spatiale***

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont les sols les mieux représentés au Bénin. On les rencontre:

- au nord des formations sédimentaires côtières, entre les 7<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> parallèles.
- entre les 9<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> parallèles sous climat soudano-guinéen.
- à l'extrême nord du pays sous climat soudanien.

#### ***Valeur agricole des sols (Cultures principales)***

Ces sols ont des caractéristiques agronomiques très variables et souvent hétérogènes. Ils constituent d'excellents milieux de croissance pour les plantes malgré leur faible teneur en éléments nutritifs. En effet, ils présentent souvent des déficiences en phosphore (P), en potassium (K) et en azote (N). Par rapport aux sols ferrallitiques ils ont une fertilité chimique meilleure.

Ils conviennent bien aux cultures suivantes: coton (sous réserve de complément en N, P, K), arachide, maïs, sorgho, mil, igname, manioc, ricin, tabac. A certains endroits de topographie basse, la culture du riz est aussi pratiquée. Lorsque la profondeur utile et la texture le permettent,

certains de ces sols abritent de belles plantations d'arbres fruitiers et de beaux peuplements forestiers.

#### **Contraintes de mise en valeur**

- Bon nombre de ces sols sont sujets à l'érosion hydrique.
- Les déficiences en N P K sont notoires pour la plupart de ces sols.
- Les pH sont faiblement acides.
- Les réserves en eau utilisable faibles.
- Profondeurs limitées (par concrétions), pour certains sols.
- Dans l'extrême nord, phénomène de sahélisation et d'érosion éolienne.

#### **PROFIL TYPE: SOL FERRUGINEUX**

Localisation:	1 km du village Cove sur l'axe Logosohe-Glazoue
Roche-mère:	Embréchite
Géomorphologie:	plateau quasi-plat
Hydrologie:	profil à drainage modéré
Pédologie:	couverture discontinue, sol ferrugineux tropical concrétionné
Climat:	Subéquatorial avec influence du climat du type soudano-guinéen; température moyenne annuelle 27 °C, pluviométrie 1200 mm
Végétation et occupation:	Savane à <i>Isobertina</i> , <i>Terminalia</i> , <i>Pteurocarpus</i> ; le sol est utilisé pour les cultures de coton, de manioc et de maïs
Auteurs:	Igue, A.M.; Gngoli, G. Ch.

#### **DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE**

Horizon sableux brun jaunâtre à brun vif sur argile rouge brunâtre, très concrétionné avec des graviers de quartz anguleux parfois ferruginisés.

#### **DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE**

- A11** 0-8 cm Horizon jaunâtre foncé (10YR <sup>3</sup>/<sub>4</sub>) à l'état frais; sable limoneux; structure faiblement développée polyédrique subangulaire, fin à moyen, meuble; très nombreux pores très fins et fins; nombreuses racines très fines et fines et peu nombreuses moyennes et grosses racines; activité biologique assez intense; termites et fourmis sur certaines faces du profil où on observe quelques concrétions; transition distincte et régulière.
- A12** 8-20 cm Horizon brun jaunâtre à brun jaunâtre foncé (10YR 5/4) à 10YR 4/4 à l'état frais; sable fin; structure faiblement développée polyédrique, subangulaire, fin et moyen; très nombreux pores très fins et fins; nombreuses racines fines et moyennes et peu nombreuses grosses racines; présence de quelques concrétions ferromanganiques; activité biologique assez intense; nids de fourmis et de termites; transition distincte et régulière.
- B1** 20-36 cm Horizon brun vif (7,5YR 5/8) discontinu; sable limoneux, friable, structure faiblement développée polyédrique subangulaire, fin et moyen; nombreux pores très fins et fins; nombreuses et quelques très fines et moyennes racines; très

grosses racines; peu nombreuses concrétions; activité biologique assez intense, fourmis, cavité de vers de terre, présence de poterie; transition distincte et interrompue.

**B2cs 36-70 cm** Horizon brun vif (7,5YR 5/8) devenant mince sur d'autres faces du profil; sable limoneux; friable; structure faiblement développée polyédrique subangulaire, nombreux pores fins et moyens; nombreuses racines fines et moyennes, quelques grosses racines; activité biologique intense, krotovines, nids de fourmis et d'insectes; très nombreux nodules ferromanganifères, petits et gros durs, de diverses formes, et nombreux fragments de quartz anguleux de 2 à 5 cm de diamètre; transition distincte et ondulée.

**Bgs 70-130 cm** Horizon rouge jaunâtre (5YR 4/6) à l'état frais avec des marbrures jaunes (10YR 6/8), rouge foncé (10YR 3/6), noires (2,5Y 2/0); argile sableuse; structure massive et compacte, peu poreux, très peu nombreuses racines, très nombreuses concrétions et nodules ferromanganifères, nombreux cailloux anguleux de quartz parfois ferruginisés, issus de l'altération de la roche-mère; activité biologique très peu intense; transition distincte et ondulée.

**Ccs 130-180 cm** Argile d'altération brun rougeâtre et jaune à structure massive et compacte avec nodules ferromanganifères.

#### Classification

**CPCS:** Sol ferrugineux tropical concrétionné

**FAO:** Luvisol squeletti-chromique

#### Aptitude

Ces sols conviennent bien à toutes les cultures annuelles ainsi qu'à la culture du tabac.

#### *RÉSULTATS ANALYTIQUES* (sol ferrugineux)

Horizon	A11	A12	B1	B2cs	Bgs	Ccs
Profondeur cm	0-8	8-20	20-36	36-70	70-130	130-180
Refus pour cent (2 mm)	11,0	1,0	8,7	61,9	58,0	30,3
0 - 2 $\mu$ %	4,57	5,84	7,55	10,58	36,17	28,28
2 - 20 $\mu$ %	6,35	5,84	7,04	7,56	11,44	22,00
20 - 50 $\mu$ %	14,87	14,13	14,25	12,58	8,68	11,82
50 - 200 $\mu$ %	56,38	53,19	50,71	40,76	17,04	15,11
200 - 2000 $\mu$ %	17,89	20,96	20,03	27,68	25,56	23,47
Humidité						
pF 2,5	8,4	7,6	8,7			
pF 4,2	3,9	3,9	4,3			
Eau utile	4,5	3,7	4,4			
C %	0,83	0,57	0,31			
N %	0,102	0,054	0,032			
C/N	13,8	10,6	9,7			
M,O %	1,43	0,98	0,53			

Profondeur (cm)	0-8	8-20	20-36	36-70	70-130	130-180
pH eau (1/2,5)	7,2	6,6	6,4	6,6	7,1	6,8
pH KCl (1/2,5)	6,1	5,5	4,9	5,1	5,5	5,4
Cond, Elec,						
Ca <sup>++</sup> éch, méq/100 g	2,85	1,77	1,19	1,43	5,26	5,18
Mg <sup>++</sup> éch, méq/100 g	0,77	0,55	0,39	0,67	2,82	3,22
K <sup>-</sup> éch, méq/100 g	0,35	0,23	0,36	0,28	0,39	0,33
Na <sup>-</sup> éch, méq/100 g	0,19	0,19	0,21	0,21	0,25	0,25
Somme cations	4,16	2,14	2,15	2,59	8,72	8,98
CEC méq/100g	4,20	3,40	2,60	3,30	11,70	13,80
pour cent V = ST x 100	99	81	83	78	75	65
CEC argile (méq)	29	25	20	31	32	49
P, ass, Bray ppm	3	2	1			
P, total ppm						
Acidité éch, méq/100 g						
Infiltration K cm/h						
Ca/Mg						
Mg/K						
Analyses Totales	<u>88,68</u>	<u>87,80</u>	<u>86,40</u>	<u>81,41</u>	<u>32,09</u>	<u>30,78</u>
Silice quartzeuse pour cent	3,91	3,61	4,57	6,08	21,98	27,11
<b>Silice soluble pour cent</b>	<b>1,93</b>	<b>2,54</b>	<b>2,32</b>	<b>3,69</b>	<b>14,44</b>	<b>10,71</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre pour cent	1,59	0,89	1,98	2,80	15,04	15,74
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pour cent</b>	<b>2,46</b>	<b>4,06</b>	<b>2,31</b>	<b>2,17</b>	<b>1,46</b>	<b>1,72</b>
SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,11	1,05	1,06	0,94	0,75	1,02

Système national	FAO (BRM)
Rapport SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > 2	
Couleur dans la gamme de (7,5 YR; 5 YR ; 2,5 YR) en B ou (B)	Horizon A ochrique Couleur (2,5 YR 5YR; 7.5YR)
La somme des bases échangeables est < 5 méq/100g CEC de l'ordre de 10 méq/100g S/T de l'ordre de 65 pour cent	Horizon B argile avec CEC argile ≥ 24méq; taux de saturation de 50 pour cent au moins à travers tout l'horizon jusqu'à 100cm
Teneur en fer ≤ 12 pour cent horizon meuble Teneur en fer 12 pour cent à 20 pour cent horizon nodulaire Teneur en fer > 20 pour cent horizon induré ou cuirassé	Concrétions 40 pour cent à 90 pour cent et graviers
Structure massive en B, possible en A	
CPCS: Sol ferrugineux tropical concrétionné	FAO: Luvisol squeletti-chromique

## **B. Sols peu évolués**

En ce qui concerne leur étendue, ces sols couvrent près de 22 524 km<sup>2</sup>, soit 20 pour cent de la superficie totale du pays.

Ils sont non ou peu organisés en horizons (profil peu différencié), soit parce qu'il y a réception à intervalles réguliers de matériaux frais, soit rajeunissement permanent par suite d'une intense action de l'érosion.

### ***Description des caractéristiques***

Les sols peu évolués présentent en général:

- un horizon superficiel sableux grossier;
- des taux de matière organique variant de 0,5 pour cent à 1,5 pour cent dans les horizons humifères;
- un pH souvent acide (5,5 à 6,5) en surface;
- une capacité d'échange cationique et une saturation faibles (environ 2 méq/100g de sol).

### ***Distribution spatiale***

On les rencontre:

- Sur le cordon sableux du littoral.
- En bordure des vallées de la plupart des fleuves du pays.
- Sur schistes et micaschistes dans les régions de Boukoumbé.
- Sur les matériaux du socle granito-gneissique au centre et nord.

### ***Valeur agricole des sols***

Sur le cordon littoral ces sols présentent une bonne aptitude pour le cocotier. Aussi sont-ils utilisés pour le reboisement avec des essences forestières diverses et par endroits pour le maraîchage.

Dans les bordures des vallées, ils servent aux cultures de riz, maïs, haricot, patate douce puis aussi au maraîchage. Au centre et au nord, là où la profondeur du sol permet une exploitation agricole, ces sols sont favorablement utilisés pour le maïs, le sorgho, l'arachide, le manioc, l'igname.

### ***Contraintes de mise en valeur***

#### **Sur le cordon littoral:**

Faible teneur en matière organique; texture grossière sur une forte épaisseur du profil, faible capacité de rétention en eau; faible capacité d'échange cationique.

#### **En bordure des vallées:**

Texture grossière en surface mais variable en profondeur; souvent un excès d'eau; faible capacité de rétention en eau (surtout en surface); faible capacité d'échange cationique; faible taux de matière organique.

Au centre et au nord:

Les positions topographiques souvent variables et défavorables; profondeur utile du sol souvent réduite; présence de charge graveleuse, faible taux de matière organique; assèchement rapide des sols; faibles teneurs en éléments chimiques: P, N.

*PROFIL TYPE: SOL PEU EVOLUÉ*

Localisation:	50 km à l'est de la voie inter-Etats Cotonou–Lomé, dans la forêt classée d'Ahozon-Pahou (District rural de Ouidah).
Roche-mère:	Roches sédimentaires, alluvions sableuses et argilo-limoneuses.
Hydrologie:	Profil à drainage légèrement excessif.
Pente:	Faible, 2 à 6 pour cent
Erosion:	Faiblement érodé; érosion en nappe, en ravins
Pédologie:	Couverture pédologique discontinue, sols ferrugineux tropicaux lessivés, sols ferrallitiques.
Climat:	Subéquatorial maritime; température moyenne annuelle: 26°C.
Pluviométrie:	800-1000 mm; Humidité relative: 90 pour cent
Occupation:	Forêt classée.
Position topographique:	Plaine
Microtopographie:	Carrière de sable
Végétation:	Arbres: Couverture 25 pour cent, <i>Lophira</i> , <i>Vitex</i> , <i>Cassia</i> Arbustes: Couverture 75 pour cent, <i>Lophira</i> , <i>Anona</i> , <i>Parkia</i> . Graminées: <i>Andropogon gayanus</i>

Profondeur de la nappe phréatique: Non décelée.

*DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE*

Sol brun jaunâtre à jaune brunâtre; sableux; massif; friable; assez poreux; riche en racines en surface, reposant sur du sable jaune légèrement chargé en argile.

*DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE*

0-15 cm	Brun sombre (10 YR 3/3); sec; sablo-limoneux; massif; meuble; assez nombreux pores très fins et fins; nombreuses racines fines; quelques trous de fourmis; transition graduelle et régulière.
15-32 cm	Brun jaunâtre (10 YR 5/6); frais; sablo-limoneux; massif; friable; assez nombreux pores très fins et fins; peu nombreuses grosses et moyennes racines; trous de fourmis; transition graduelle et régulière.
32-84 cm	Brun jaunâtre (10 YR 5/8); frais; sable; massif; friable; assez nombreux pores fins et très fins; peu nombreuses racines de toutes tailles; trous de fourmis; transition graduelle et régulière.

84-240 cm Jaune brunâtre (10 YR 6/8); frais; sable à sablo-argileux ; massif; friable; assez nombreux pores fins et très fins; peu nombreuses moyennes et grosses racines.

#### Classification

**CPCS:** Sol peu évolué non climatique sur sable du Quaternaire

**FAO:** Arénosol haplique

#### Aptitude

Sol occupé par la forêt (savane arbustive). Il est nativement pauvre, et par conséquent peu utilisé pour les cultures annuelles. Parmi les cultures pérennes (palmiers à huile, cocotiers) seul le cocotier occupe une bonne partie, à condition toutefois que la nappe phréatique ne soit pas trop profonde pendant la saison sèche.

#### *RÉSULTATS ANALYTIQUES* (sol peu évolué)

Horizon	Profondeur (cm)	0 – 15	15 – 32	32 – 84	84 - 240
Texture	Argile %	3,3	2,8	5,1	8,5
	Limon fin %	1,5	1,0	0,5	1,8
	Limon grossier %	0,7	0,7	1,0	1,2
	Sable fin %	47,3	49,6	47,4	43,1
	Sable grossier %	47,3	45,1	45,2	45,1
Matière Organique	Carbone %	0,46	0,32	0,19	0,14
	MO %	0,79	0,55	0,31	0,24
	Azote total %	0,040	0,032	0,021	0,016
	C / N	12	10	9	9
Phosphore	Total ppm P,				
	Assimilable Truog ppm P,	4	2	2	2
Complexe échangé, (B <sub>4</sub> OAC, PH7)	Calcium (Ca <sup>++</sup> ) méq	1,35	0,72	0,65	0,60
	Magnésium (Mg <sup>++</sup> ) méq	0,45	0,22	0,19	0,14
	Potassium (K <sup>+</sup> ) méq	0,26	0,24	0,23	0,21
	Sodium (Na <sup>+</sup> ) méq	0,33	0,26	0,28	0,26
	Somme des bases me	2,39	1,44	1,35	1,21
	Capacité d'échange (T)	3,30	1,55	1,75	1,85
	CEC Argile (méq)	52	16	21	16
	Taux de saturation (S/T) %	100	93	77	65
pH	pH eau	6,7	5,7	5,6	5,6
	pH Kcl	4,9	4,5	4,3	4,2
	pF 2,5	2,8	2,2	2,7	
	pF 4,2	1,7	1,5	2,0	
	Eau utile %	1,1	0,7	0,7	
Analyse totale	FeO <sub>3</sub> %				
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre %			2,65	2,33

Profondeur (cm)	0 – 15	15 – 32
Analyses totales		
Silice quartzreuse %	93,82	90,36
Silice soluble %	2,54	3,79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre %	2,65	2,33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	1,85	1,34
SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,37	2,83
SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,56	1,03

Systeme national	FAO
Absence de stratification Faible teneur en C pour cent (< 0,6 pour cent); matière organique ≈ 1 pour cent	Horizon ochrique
Texture grossière sur l'ensemble du profil	Texture sablo-limoneuse ou sableuse jusqu'à 100 cm au moins;
Structure peu développée	Absence de fragments de roche dans les 100 premiers cm du profil
Absence d'horizon d'accumulation	
CPCS : Sol peu évolué non climatique sur sable du Quaternaire	Arénosol haplique

### C. Sols ferrallitiques

#### *Description des caractéristiques*

Ils se caractérisent par:

- Une altération poussée des minéraux primaires.
- La présence presque exclusive de la kaolinite comme minéral argileux.
- La forte teneur en sesquioxydes de fer le plus souvent accompagnés de sesquioxydes d'aluminium.
- Une profondeur variant de 2 à 8 m.
- Une couleur rouge des horizons (Munsell 2,5 YR 7/6).
- Une absence de taches et de concrétions.
- Un horizon humifère mal individualisé et peu développé (10 à 15 cm).
- L'absence d'horizon d'accumulation texturale.
- Le passage très progressif d'un horizon (B) structural à l'horizon (C).
- Un bon drainage interne, favorisé par une structure de type polyédrique moyen assez bien développé et une activité biologique intense.
- Un lessivage en argile moyen, intéressant une tranche de sol assez peu épaisse (40 à 50 cm).

- L'apparition de plages brillantes discontinues à partir de 50–60 cm.
- Une capacité d'échange cationique généralement basse ou très basse.
- Un taux de saturation souvent faible ou moyen.
- Un pH acide ou très acide.
- Une formation géologique issue du Continental Terminal (sur les plateaux du sud) et du grès (dans le nord, zone de Kandi).

Du point de vue répartition, les sols ferrallitiques occupent environ 10 pour cent (11 260 km<sup>2</sup>) de la superficie totale du pays. Ils viennent en troisième position après les sols ferrugineux tropicaux et les sols peu évolués.

### ***Distribution spatiale***

On rencontre ces sols sur tous les plateaux du Continental Terminal et sur le grès du Crétacé dans le sud-ouest du bassin sédimentaire, de la zone climatique côtière et pré-côtière, sous des pluviométries moyennes annuelles comprises entre 850 et 1350 mm. La végétation caractéristique est un bush arbustif dans le sud et une forêt claire au nord.

### ***Valeur agricole des sols (Cultures principales)***

Dans le bassin sédimentaire sud, les sols ferrallitiques ont de bonnes caractéristiques physiques: profondeur, drainage, pénétrabilité, mais de faibles capacités hydriques et chimiques. Ils sont diversement utilisés: pour des plantations forestières, mais surtout pour des cultures de maïs, d'ananas, de niébé, d'arachide et dans le maraîchage.

Dans la partie nord, les mêmes propriétés physiques existent mais souvent elles sont limitées par l'apparition de niveau concrétionné entraînant un drainage quelque peu déficient. La fertilité chimique des sols est faible. Les principales cultures pratiquées sont le maïs, le sorgho, l'arachide.

### ***Contraintes de mise en valeur***

L'utilisation de ces sols dans le bassin sud implique le recours à des épandages périodiques d'engrais chimiques à dominance potassique et une restitution aux sols des résidus de récolte. Aussi on note une faible capacité de rétention en eau et en cations, de faibles taux de potassium (K) et phosphore (P), des taux de matière organique variables suivant le passé cultural mais en général faibles.

Sur le socle granito-gneissique, il faut ajouter à ces contraintes un intense appauvrissement en éléments fins, une faible réserve minérale et l'existence de teneurs en éléments ferrugineux grossiers.

### ***PROFIL TYPE: SOL FERRALITIQUE***

Localisation:	Ancienne station expérimentale de l'IRAT à Meridjonou à 230 m au sud de la palmeraie de Djavi
Roche-mère:	Sédiments du Continental Terminal
Géomorphologie:	plateau
Hydrologie:	profil à drainage normal

Erosion:	non perceptible
Pédologie:	Sol ferrallitique – Terre de barre
Climat:	Subéquatorial maritime à 2 saisons sèches et 2 saisons pluvieuses; pluviométrie 1490 mm; température moyenne annuelle 27 °C.
Végétation et occupation:	Jachère d' <i>Imperata cylindrica</i>
Auteurs:	Adegbidi, H.G.; Egbe, T.

#### *BREVE DESCRIPTION DU PROFIL*

Sol à horizon humifère assez épais (retournement dû au labour) surmontant un horizon rouge argileux dont il est séparé par une couche dure (semelle de labour).

#### *DESCRIPTION DES HORIZONS*

0-23 cm	Brun rougeâtre foncé (5YR 3/4); frais; limono-sableux; trace d'éléments grossiers; structure polyédrique subangulaire moyenne et fine; friable; nombreux pores très fins, fins et moyens; très nombreuses très fines, fines et moyennes racines; débris de charbon de bois et de poterie; activité biologique intense; transition abrupte, régulière.
23-38 cm	Rouge foncé (2,5YR 3/6); frais; argilo-sableux; structure polyédrique subangulaire moyenne à fine; ferme; peu collant, peu plastique à l'état mouillé; très poreux, très fins et fins pores; peu nombreuses très fines et fines racines; activité biologique intense; débris de poterie et de charbon de bois; transition graduelle, régulière.
38- 92 cm	Rouge (2,5YR 4/6); frais; argilo-sableux; structure polyédrique subangulaire à angulaire, moyenne; friable, collant, peu plastique; très poreux, très fins et moyens pores; peu nombreuses racines très fines, fines et moyennes; entraînement, le long des canaux racinaires et des galeries d'insectes, d'éléments humifères de la surface; transition graduelle, régulière.
92-180 cm	Rouge (10R 4/8); frais; argilo-sableux; structure polyédrique subangulaire, moyenne et fine; friable, peu collant peu plastique; très poreux, fins et très fins pores; très peu nombreuses racines de toutes tailles; débris de charbon de bois et de poterie; activité biologique intense.

#### Classification

**CPCS:** Sol ferrallitique moyennement désaturé en (B) typique appauvri

**FAO:** Acrisol rhodi-haplique

#### Aptitude

Apte à l'arboriculture fruitière, apte au coton, au manioc et à l'arachide, modérément apte à l'igname, au maïs et palmier.

## RÉSULTATS ANALYTIQUES (sol ferrallitique)

Profondeur cm	0-23	23-38	38-92	92-180
Refus % (2 mm)				
0 - 2 $\mu$ %	9,44	33,55	42,67	47,00
2 - 20 $\mu$ %	3,57	4,68	4,51	3,17
20 - 50 $\mu$ %	1,71	1,50	1,53	1,27
50 - 200 $\mu$ %	24,63	17,59	16,95	14,42
200 - 2000 $\mu$ %	61,04	42,97	34,09	33,48
Humidité				
pF 2,5	5,4	14,1	17,9	
pF 4,2	4,2	11,7	14,6	
Eau utile	1,2	2,4	3,3	
C %	0,68	0,57		
N %	0,060	0,056		
C/N	11,3	10,2		
M <sub>2</sub> O pour cent	1,17	0,98		
pH eau (1/2,5)	6,5	5,7	5,7	5,8
pH KCl (1/2,5)	4,9	4,3	4,4	4,8
Cond. Elec.				
Ca <sup>++</sup> éch. méq/100g	1,77	1,78	2,09	1,98
Mg <sup>++</sup> éch. méq/100g	0,65	0,59	0,53	0,85
K <sup>-</sup> éch. méq/100g	0,29	0,26	0,27	0,23
Na <sup>-</sup> éch. méq/100g	0,29	0,32	0,35	0,28
Somme cations	3,00	2,95	3,24	3,34
CEC méq/100g	4,00	8,30	10,80	15,05
CEC Argile (méq)	18	19	25	32
% V = ST x 100	75	36	30	22
P. ass. BRAY ppm	6	2	2	
P. total ppm				
Acidité éch. méq/100g	0,38	0,68	0,54	0,46
Al <sup>3+</sup>		0,37	0,16	0,07
H <sup>+</sup>		0,31	0,38	0,39

## ÉLÉMENTS TOTAUX (ATTAQUE TRIACIDE)

Profil	Profondeur (cm)	Silice quartzreuse %	SiO <sub>2</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
2A	38-92	44,49	20,34	5,16	17,08	1,19	0,91
	92-180	43,02	21,09	5,51	18,09	1,17	0,89

Système national	FAO (BRM)
Rapport SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 2	
Couleurs dans la gamme 10YR à 5YR Faible taux de carbone: 0,57 pour cent – 0,68 pour cent Taux de matière organique 0,98 – 1,17 pour cent	Horizon ochrique (faible teneur en carbone organique: ≈ 0,68 ; matière organique ≈ 1 pour cent, couleur claire)
Horizon B jaune (goethite) Teneur en argile élevée par comparaison à celle de l'horizon sus-jacent	Horizon B argique
Teneur en bases (en B): 1 à 3még/100g de sol Saturation en bases (B): 20 à 40 pour cent	CEC (argile) < 24még/100g de sol Taux de saturation en bases < 50 pour cent dans la majeure partie du sol comprise entre 25 et 100cm
pH: 4,5 – 6 Appauvrissement en argile	
Horizon B jaune (goethite)	
CPCS: Sol ferrallitique moyennement désaturé en B typique; faiblement appauvri	Acrisol rhodi-haplique

#### D. Sols hydromorphes

Les sols hydromorphes sont caractérisés par un déficit prolongé en oxygène provoqué par une saturation temporaire ou permanente des pores par l'eau. Il en résulte une réduction et une mobilisation partielle du fer ainsi qu'un ralentissement de la décomposition de la matière organique. Ils couvrent 3 pour cent de la superficie du pays; soit 3 379 km<sup>2</sup> environ.

##### *Description des caractéristiques*

- Une accumulation de la matière organique du type tourbeux <sup>(a)</sup> anmoor <sup>(b)</sup>
- La présence de gley <sup>(c)</sup> ou de pseudogley <sup>(d)</sup>
  - <sup>(a)</sup> La tourbe est un produit organique riche en débris peu transformés et présentant une structure spongieuse.
  - <sup>(b)</sup> L'anmoor est une matière organique transformée bien humifiée et entièrement mélangée à l'argile.
  - <sup>(c)</sup> Le gley est un horizon à engorgement prolongé où la réduction l'emporte sur l'oxydation, il est caractérisé par des teintes dominantes grises, verdâtres ou bleutées.
  - <sup>(d)</sup> Le pseudogley est un horizon à engorgement périodique où se produit une alternance de réduction et oxydation avec redistribution du fer. Cet horizon est bariolé avec alternance de taches ou bandes grisâtres et ocres ou rouilles.

On distingue trois groupes de sols hydromorphes.

- a) Sols hydromorphes moyennement organiques humiques à gley.

b) Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à gley ou à pseudogley

c) Sols hydromorphes à tourbe

Leurs caractéristiques sont les suivantes:

a) Sols hydromorphes humiques à gley

- Fortes teneurs en argile (60 à 80 pour cent)
- pH acide (5,0 – 5,5).
- Taux de matière organique compris entre 4 pour cent et 12 pour cent en surface, 1 à 2 pour cent en profondeur
- Forte capacité d'échange cationique (> 30 méq/100 g sol)

b) Sols hydromorphes minéraux à pseudogley

- Taux d'argile: moins de 5 pour cent (pour ceux développés dans matériau sableux), variant de 9 à 34 pour cent (pour ceux formés sur l'argile sableuse), de 30 à 80 pour cent (pour ceux formés sur matériau argilo-limoneux).
- Teneur en matière organique variant entre 1 pour cent et 6 pour cent
- pH compris entre 5,5 et 7
- Somme des bases faible: 5-6 méq/100 g de sol en surface et moins de 1 en profondeur.

c) Sols hydromorphes à tourbe

- La matière organique est mal évoluée; les taux sont très élevés.
- pH fortement acide (moins de 5 dans tous les horizons, au-delà d'un mètre on note souvent un pH 3).

### ***Distribution spatiale***

Ce sont des sols fréquents dans le sud Bénin, particulièrement dans les vallées du Mono, du Couffo et de l'Ouémé, ainsi que dans les zones côtières atlantiques.

Ils se localisent également dans la partie basse de tous les petits thalwegs et constituent la majorité des sols alluviaux situés en bordures du fleuve Niger et de l'Alibori.

### ***Valeur agricole des sols***

Ces sols sont à haut potentiel de fertilité et conviennent à un grand nombre de cultures annuelles.

Dans la vallée de l'Ouémé, les principales cultures sont: le riz, le maïs, le piment, le manioc, la patate et le niébé.

Dans la vallée du Niger, les cultures du riz et de l'oignon prédominent. On y trouve aussi le mil, le sorgho, le niébé et la pomme de terre.

Dans les zones déprimées de ces vallées, en dehors des marais permanents, la riziculture irriguée est pratiquée.

**Contraintes de mise en valeur**

Les principales contraintes relevées pour la mise en valeur des sols hydromorphes sont:

- Les drainages interne et externe réduits,
- Inondation temporaire et permanente,
- Texture parfois grossière en surface et discontinuité texturale défavorable,
- Taux d'argile souvent élevé, avec pour conséquence une mauvaise perméabilité, une compacité,
- Mauvaise décomposition de la matière organique
- pH acide

**PROFIL TYPE HYDROMORPHE**

Localisation:	1,3 km de l'axe Dassa-Logohohe en allant vers Glazoue
Roche – mère:	Roche basique (microsyénites avec amphibole ou gabbros quartzifères)
Géomorphologie:	Bas de versant de la colline de Logohohe sur une pente de 2 pour cent
Hydrologie:	Profil à drainage mi-parfait
Pédologie:	Couverture pédologique discontinue, sol hydromorphe à pseudogley
Climat:	Sub-équatorial avec influence du climat du type soudano-guinéen; température moyenne annuelle 27°; pluviométrie 1200 mm
Végétation:	Savane arbustive à <i>Pteurocarpus</i> , <i>Terminalia</i> , <i>Combretum</i> , <i>Tectona</i>
Auteurs:	Igue, A.M.; Gngangoli, G. Ch.

**DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE**

Sol brun jaunâtre, limon sableux sur argile concrétionnée et blanchi à mi-profondeur avec d'assez nombreuses taches ocre-rouille à rouges démarrant après les 12 premiers centimètres, l'horizon argileux de profondeur compact, des nodules de calcaire et des concrétions, en forme de plombs de chasse.

**DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE**

<b>A11</b> 0-5cm	Horizon brun foncé (10 YR 3/3) à l'état frais; limon sableux ou sable fin limoneux; structure faiblement développée polyédrique subangulaire, fin à moyen; meuble, très nombreux pores, très fins et fins, et peu nombreux moyens pores; nombreuses racines très fines et fines; peu nombreuses moyennes racines; activité biologique peu intense, nids de fourmis; transition distincte et régulière.
<b>A12</b> 5-12 cm	Horizon brun olive clair (2,5 Y 5/4) à l'état frais, à brun jaunâtre clair (10 YR 6/4); limon sableux, friable; structure faiblement développée polyédrique subangulaire, fin à moyen, très nombreux pores très fins et fins et nombreux moyens pores; assez nombreuses fines et moyennes racines; activité biologique assez intense, nids de fourmis; transition distincte et régulière.
<b>Bg</b> 12-32 cm	Horizon brun jaunâtre clair (2,5 Y 6/4), peu nombreuses taches ocre-rouille (7,5 YR 5/6) devenant assez nombreuses à la base de l'horizon, fines (2 mm),

distinctes et assez nettes; limon argileux, structure moyenne développée, polyédrique subangulaire, moyen et grossier; friable, nombreux pores très fins et fins, et peu nombreux moyens pores; assez nombreuses fines et moyennes racines et quelques grosses racines; nodules ferrugineux, activité biologique intense, krotovines, galeries de fourmis, racines pourries; transition distincte et ondulée.

**Bgcs** 32-58 cm Horizon blanchi ou gris clair (10YR 7/2) à l'état frais; assez nombreuses taches ocres (7,5YR 5/8) fines à moyennes, distinctes, assez nettes; argile sableuse; structure moyennement développée polyédrique subangulaire, fin à moyen, peu collant; assez nombreux pores fins et moyens; assez nombreuses racines fines à moyennes et quelques grosses racines, très nombreuses concrétions à patines, ferromanganifères, petites à grosses, dures, de couleur rouge noirâtre; activité biologique peu intense; quelques galeries de fourmis; transition distincte et ondulée.

**Bg** 58–70 cm Horizon gris brunâtre clair (2,5Y 6/2), nombreuses taches rouges (2,5YR 4/6) fines, distinctes, assez nettes; argile; structure massive à débit polyédrique, peu collant à l'état humide et ferme à l'état frais; présence de minces cutans argileux, localisés à la face des agrégats, peu nombreuses concrétions ferromanganifères, activité biologique intense; transition distincte et régulière.

**CK** 70-180cm Horizon brun olive (2,5Y 4/4), argileux; on observe quelques taches rouges diffuses, peu nettes à la partie supérieure de l'horizon; structure massive compacte; peu nombreux pores fins et moyens, rares racines peu nombreuses, concrétions ferromanganifères petites à grosses; dures, de forme arrondie, de couleur noirâtre, peu nombreux nodules calcaires, de couleur blanchâtre, de 1 à 3 cm de diamètre; assez nombreuses fines fentes subverticales et horizontales.

#### Classification

**CPCS:** Sol hydromorphe peu humifère à pseudogley

**FAO:** Gleysol verti-eutrique

#### Aptitude

Ils conviennent très bien pour les plantes supportant un engorgement partiel (bananier, riz, maïs). De plus, la présence de limon en fait des terres faciles à cultiver.

#### *RÉSULTATS ANALYTIQUES* (sol hydromorphe)

Horizon	A11	A12	Bg	Bgcs	Bg	CK
Profondeur (cm)	0-5	5-12	12-32	32-58	58-70	70-180
Refus % (2 mm)	0,2	0,2	1,0	27,3	7,4	4,0
0 - 2 $\mu$ %	10,28	10,83	21,13	28,26	54,34	51,45
2 - 20 $\mu$ %	20,56	20,37	23,22	22,08	15,65	12,80
20 - 50 $\mu$ %	26,64	23,51	23,04	17,16	12,11	14,37
50 - 200 $\mu$ %	40,86	36,63	25,51	19,45	11,48	14,64
200 - 2000 $\mu$ %	2,17	7,38	5,94	11,81	7,00	6,97

Humidité						
pF 2,5	18,6	13,5				
pF 4,2	6,8	6,0				
Eau utile	11,8	7,5				
C %	0,96	0,60	0,49			
N %	0,074	0,053	0,051			
C/N	13,0	11,3	9,6			
M.O %	1,66	1,03	0,84			
pH eau (1/2,5)	7,1	6,4	6,6	6,7	6,8	7,9
pH KCl (1/2,5)	5,7	4,9	4,6	4,6	4,6	6,4
Cond, Elec,						
Ca <sup>++</sup> éch. méq/100g	3,97	2,60	4,29	5,68	12,23	18,44
Mg <sup>++</sup> éch. méq/100g	1,51	1,10	1,58	2,03	4,40	5,90
K <sup>-</sup> éch. méq/100g	0,37	0,25	0,29	0,37	0,44	0,38
Na <sup>-</sup> éch. méq/100g	0,18	0,21	0,34	0,51	1,01	1,80
Somme cations	6,03	4,16	6,50	8,59	18,08	26,52
CEC méq/100g	9,20	6,00	9,05	12,65	25,10	25,10
CEC argile (méq)	57	36	35	45	46	49
% V = ST x 100	66	69	72	68	72	>100
P. ass. BRAY ppm	2	1	1			
P. total ppm						
Acidité éch. méq/100g						

Système national	FAO (BRM)
Taches d'oxydo-réduction à partir de 12cm	Horizon gleyique
Taux de saturation en bases variant de 66 pour cent à >100 pour cent dans tout le profil	Taux de saturation en bases ≥ 50 pour cent au moins entre 20 – 100 cm de profondeur
Teneur en matière organique < 8 pour cent sur 20 premiers centimètres Alternance de taches rouilles et grises et présence de concrétions Zone de dépression	
CPCS: Sol hydromorphe peu humifère à pseudogley	Gleysol verti-eutrique

### E. Vertisols

Ce sont des argiles gonflantes présentant des faces de glissement ou de friction et, à certaines périodes de l'année, de larges fentes de dessiccation et de retrait. La réalisation de ces phénomènes (ou mouvements) est favorisée par l'alternance des périodes d'humectation et de dessiccation.

Ces sols se regroupent en deux sous-classes:

- La sous-classe des vertisols sans drainage externe ou topomorphes.
- La sous-classe des vertisols à drainage externe ou lithomorphes.

Au total, les vertisols occupent 1 pour cent de la superficie du Bénin; soit 1 126 km<sup>2</sup>.

### ***Description des caractéristiques***

Ils se caractérisent par:

- une granulométrie homogène (plus de 40 pour cent d'argile sur tout le profil)
- une argile de type montmorillonite
- une forte capacité d'échange cationique: > 50 méq/100 g sol
- une faible quantité d'eau disponible
- un fort taux de matière organique: 4 à 6 pour cent en surface
- des réserves minérales en général bonnes mais parfois déficientes en potassium.
- un pH neutre en surface, souvent alcalin en profondeur
- la couleur grise à gris foncé en surface, gris olive en profondeur
- une épaisseur variable, allant de 50 cm à plus d'un mètre
- des fentes de retrait parfois bien larges (0,5–1 cm), débutant de la surface jusqu'en profondeur
- une structure prismatique bien exprimée souvent de la surface
- des faces de glissement sur les agrégats.

### ***Distribution spatiale***

Les vertisols se rencontrent dans la dépression de la Lama où affleurent des argiles marneuses ou calcaires traversant d'est en ouest le bassin sédimentaire (sud du pays). On les retrouve également sur certaines alluvions argileuses des fleuves Mono, Ouémé et Niger et dans le centre du pays où ils se localisent sur des secteurs bien circonscrits: le secteur des gabbros de Mbétékourou, à l'est de Dassa-Zoumè, sur des diorites, à l'est de Setto et sud de Logozohé sur des embréchites et basiques diverses.

### ***Valeur agricole des sols (Cultures principales)***

Les vertisols sont intensément utilisés pour la foresterie et les cultures annuelles dont la plus répandue est le maïs. Ensuite viennent les cultures maraîchères, le cotonnier. Le riz est surtout cultivé dans les alluvions argileuses bénéficiant de l'excès d'eau.

Au centre, ils sont peu exploités à cause des difficultés liées à leur mise en valeur et surtout de la disponibilité d'autres types de sols moins contraignants. Toutefois, des cultures de maïs, de coton et de niébé y sont pratiquées.

### ***Contraintes de mise en valeur***

- Engorgement prolongé du sol, et lente évacuation des excès d'eau
- Forte dessiccation du sol en saison sèche
- Faible profondeur utile du sol à cause de la compacité
- Difficulté du travail du sol
- Contrôle difficile des mauvaises herbes
- Déficience en N, P
- Faible disponibilité en eau
- Fentes de retrait.

### ***PROFIL TYPE: VERTISOL***

Nom du sol: Sol argileux lourd

Unité supérieure de classification:	Vertisol topomorphe à drainage externe possible à nul, à structure grumeleuse sur argile sédimentaire.
Date de la description:	25.8.1988
Auteurs:	Youssof Akakpo
Localisation:	à l'est, par Massi
Géomorphologie:	plat
Position topographique de la station:	Dépression de Lama
Géomorphologie de la zone environnante:	Quasi-plat
Microtopographie:	Relief gilgai
Pente:	Nulle
Roche-mère:	Sédiment de l'Eocène (argile sédimentaire, calcaire)
Drainage:	Externe possible à nul
Etat hydrique du sol:	Frais
Influence humaine:	Labour, champs

#### BRÈVE DESCRIPTION

Profil dont les horizons supérieurs sont brun grisâtre, argileux, à structure grumeleuse à polyédrique fine, nombreuses racines, et quelques billes noires. Puis les horizons gris clair, argileux, avec de vagues taches et concentrations de billes noires à la base. L'horizon sous-jacent, gris argileux, bariolé, massif, avec amas de nodules calcaires et billes noires

#### DESCRIPTION DU PROFIL

- 0 – 25 cm Brun grisâtre très foncé (10YR 3/2), argilo–limoneux; structure grumeleuse, peu ferme à l'état frais, collant, peu plastique; nombreux pores fins et moyens, nombreuses moyennes et fines racines; quelques billes noires; très bonne activité biologique; transition distincte ondulée.
- 25 – 62 cm Brun grisâtre (10YR 5/2), frais, taches jaune brunâtre (10YR 6/8), très nombreuses, larges, moyennes; argile; structure faiblement développée polyédrique subangulaire, moyen et fin, ferme à l'état frais, collant, plastique; nombreux pores fins et très fins, quelques fines racines, quelques billes noires bonne activité biologique; transition distincte régulière.
- 62 – 185cm Gris clair (2,5Y 7/2), frais, taches nombreuses diffuses, brun vif, jaune brunâtre (7,5YR 5/8) et (10YR 6/8), argile; structure polyédrique moyenne à grossière moyennement développée, ferme à l'état frais, collant et plastique, rares fins pores, quelques fines racines, quelques billes noires et boulettes de matière organique en haut de l'horizon. A la base de l'horizon, plus de concentration de billes noires et plus de piégeage de boulettes de matière organique; activité biologique peu intense; transition distincte régulière.
- 185 - 200 cm Gris (10YR 5/1), frais, bariolé, taches brun vif, jaune brunâtre (7,5YR 5/8) et (10YR 6/8), argile; structure massive *in situ* se débitant en larges plaquettes; peu

poreux; racines pourries, amas calcaires et nodules, billes noires, quelques fines fentes de retrait; activité biologique peu intense

### Classification

**CPCS:** Vertisol topomorphe à drainage externe nul, à structure de surface grumeleuse, compact, modal, sur matériau argileux de l'Eocène.

**FAO:** Vertisol gleyi-hypereutrique

### Aptitude

Ce sol est planté de maïs; Sol de bonne qualité pour les cultures annuelles et fourragères et également pour les cultures maraîchères aimant la texture fine.

### *RÉSULTATS ANALYTIQUES* (vertisol)

<b>Horizon</b>	<b>Profondeur (cm)</b>	<b>0–25</b>	<b>25–62</b>	<b>62–85</b>	<b>185-200</b>
Texture	Argile %	43,05	54,26	52,93	73,01
	Limon fin %	22,49	19,88	21,51	13,30
	Limon grossier %	8,53	6,54	6,52	3,12
	Sable fin %	16,24	10,27	10,81	3,93
	Sable grossier %	8,41	7,11	6,48	3,68
Matière Organique	Carbone %	2,86	0,49		
	M,O %	4,92	0,84		
	Azote total %	0,235	0,046		
	C / N	12,2	10,7		
Phosphore	Total ppm P,	104	3	2	2
	Assimilable Truog ppm P.				
Complexe Échang, (B <sub>4</sub> OAC, pH7)	Calcium (Ca <sup>++</sup> ) méq	36,63	18,33	19,13	40,86
	Magnesium (Mg <sup>++</sup> ) méq	11,44	11,57	11,00	15,71
	Potassium (K <sup>+</sup> ) méq	1,53	0,50	0,34	0,41
	Sodium (Na <sup>+</sup> ) méq	0,37	0,57	1,00	0,22
	Somme des bases méq	52,97	30,97	31,47	57,20
	Capacité d'échange (T)	32,60	35,45	35,65	44,95
	CEC Argile (méq)	53	62	67	61
	Taux de saturation (S/T) pour cent	100	87	88	100
	pH	pH eau	8,2	5,6	
pH Kcl		6,7	3,8		

Système national	FAO (BRM)
Microrelief gilgai	Horizon verticale sur les premiers cm
Fentes de retrait	Fentes de retrait qui s'ouvrent et se referment périodiquement
Forte teneur en argile gonflante	≥ 30 pour cent d'argile dans tous les horizons jusqu'à 1m de profondeur (après les 20 premiers centimètres)
Présence de slickensides Couleur foncée Structure de l'horizon de surface Drainage et position topographique	
CPCS: Vertisol topomorphe à drainage externe possible à nul; à structure grumeleuse compacte, modal, sur matériau argileux de l'Eocène	Vertisol gleyi-hypereutrique

#### TABLEAU RECAPITULATIF

Système national: CPCS	FAO (BRM)
1. Sol ferrugineux tropical concrétionné	Luvisol squeletti-chromique
2. Sol peu évolué non climatique sur sable du Quaternaire	Arénosol haplique
3. Sol ferrallitique moyennement désaturé en (B) typique, faiblement appauvri	Acrisol rhodi-haplique
4. Sol hydromorphe peu humifère à pseudogley	Gleysol verti-eutrique
5. Vertisol topomorphe à drainage externe nul, à structure de surface grumeleuse, compact, modal, sur matériau argileux de l'Eocène.	Vertisol gleyi-hypereutrique

#### OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LE SYSTÈME DE CLASSIFICATION ACTUELLEMENT UTILISÉ ET LA BRM

Nous n'avons pas eu la possibilité d'utiliser régulièrement et à fond la classification BRM, ce qui aurait permis de formuler des appréciations concrètes. Cependant, on peut déjà noter les éléments suivants dans la BRM:

1. C'est toujours la CEC argile qui est utilisée et non l'effective. Pourtant, c'est cette CEC effective qui est courante dans nos analyses chimiques et pour la fertilité des sols.
2. La BRM ne donne pas de précisions sur les roches-mères ou bien ce facteur est pris en compte dans un ensemble.

#### BIBLIOGRAPHIE

Agossou, V. 1983. *Les sols béninois et leurs potentialités*. CENAP, Etude N° 260.

**Berding, F.** 1982. *Notice explicative des cartes d'aptitude culturale de la République Populaire du Bénin*, (Van Diepen).

**CENAP.** 1988. *Guide de terrain*, Neuvième réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols (Bénin, 14–23 novembre 1988).

**CPCS.** 1967. *Classification des sols* (Edition 1967).

**FAO/AISS/ISRIC.** 1999. *Base de Référence mondiale pour les ressources en sols*. Rapport sur les ressources en sols du monde No 84 FAO, Rome.

**Volkoff, B. et Willaime, P.** *Notice explicative de la carte des sols au 1/1 000 000 de la République du Dahomey*.

**Youssef, S. I et Azonhoume, A.** 1981. *Etude des sols du périmètre de la ferme de Massi-Lonmey*, CENAP, Etude N° 242.

# The interim Ghana soil classification system and its relation with the World Reference Base for Soil Resources

## ABSTRACT

Soil mapping, classification and evaluation began in Ghana in 1946 when the Soil Research Institute was a unit of the then West African Cocoa Research Institute located in the Eastern Region of Ghana. The experience of the first Director, Mr C.F. Charter, with soils of a number of Commonwealth Countries, enabled him and his assistant, Mr H. Brammer, to formulate what is known as the Ghana Interim Soil Classification System. The System has been the basis of classification of soils in many Commonwealth countries where the two and their other colleagues worked.

The System, which is multi-categorical, has been an important tool in the mapping and classification of soils in the whole country. However, with the present advances in soil classification, the System is now found to have gaps. Consequently, the Soil Science Society of Ghana has requested for an upgrade of the System.

This paper describes major soil units mapped under the system and their suitability for agricultural production.

The World Reference Base (WRB) for soil resources is reviewed and its importance highlighted.

A review of the maxic qualifier in Vertisols is suggested. The view for an introduction of vertic qualifier in the Gleysols was expressed. The control section for base saturation and cation exchange capacities for certain soils with Argic horizon are found to pose difficulties in soil mapping and classification.

A correlation exercise is also carried out between observations made on the major soils of Ghana and the major reference groups of the World Reference Base for Soil Resources.

## INTRODUCTION

### **Brief overview of the Interim Ghana Soil Classification System (Brammer, 1962)**

The system recognizes the following categories (levels):

1. Order
2. Suborder
3. Soil group family

*T. Adjei-Gyapong and R. D. Asiamah*  
*Soil Research Institute, Kwadaso, Kumasi*

4. Great soil group
5. Great soil subgroup
6. Soil series (and phases of soil series).

The lowest classification unit operates on what may be termed as the 'soil species' concept.

In the Ghana's soil classification system, the factors of soil formation are more central than the concept of diagnostic horizons as contained in the Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975), Soil Map of the World Revised Legend (FAO/UNESCO, 1988) and World Reference Base for Soil Resources (ISSS/ISRIC/FAO, 1998). A few individual soil properties are apparently over-emphasized.

There are four orders, namely:

### **Climatophytic earths**

These are well drained soils whose genesis is considered to have been predominantly influenced by climate and vegetation of the areas in which they occur. The suborders are differentiated by the intensity of leaching into:

- Hygropeds: these are thoroughly leached soils. The soils percolating water reaches the water table without much accumulation of basic cations in the profile.
- Xeropeds: soils of the climatophytic earths that are not thoroughly leached. The wetting front does not reach the groundwater table. This suborder exists only in theory. It is doubtfully represented in Ghana.

The Hygropeds are common in the country. They are subdivided according to potential of fertility restoration of leached out bases by the parent material. Two groups have been defined at the subgroup family level. These are:

- Latosols: highly weathered soils with the clay fraction dominated by 1:1 clays (kaolinitic clays), iron and aluminium oxides (see Table 1 for examples of the great soil groups, some of which are described below).
- Basisols (this is a poorly defined class). they represent soils with considerable amounts of weatherable minerals in parts of the soil profile. The weatherable minerals are rich in basic cations and the clay fraction contains appreciable amounts of 2:1 clays (montmorillonitic clays).

### **Topoclimatic earths**

This order comprises soils whose formation is due mainly to climate and relief (high mountains). These are apparently absent in Ghana and exist only in theory.

### **Topohydric earths**

The morphological and physico-chemical characteristics of these soils are primarily influenced by the relief and drainage conditions. They have impeded drainage. Five suborders are recognised under this order.

- i. Planopeds : poorly or imperfectly drained soils as induced by flat topography e.g. peneplains and river terraces.
- ii. Clinopeds: these comprise soils occurring on slopes that are influenced by lateral seepage of water from upslope following a recharge-discharge phenomenon which consequently leads to the precipitation of chemical substances in the profile.

- iii. Depressiopeds: these are soils developed in depressions, and poorly drained externally (i.e. are epi-saturated) in parts of the year.
- iv. Hydropeds: these are soils developed in open water, for example shallow lagoons and permanent swamps and lakes.
- v. Cumulopeds: these are soils developed in depressions where peat has accumulated.

The suborders of the Topohydric earths, except the Depressiopeds, are grouped at soil group family level according to the nature and reaction of the groundwater that influences the soil. The following are recognised: very acid, acid, neutral, calcium and sodium group families. The Depressiopeds are grouped into Gleisols (very acid, acid and neutral) and Vleisols (calcium and sodium). The great soil groups are presented in Table 1.

### **Lithochronic earths**

The development of these soils are mainly influenced by parent material and time over which the soil is developed. The profiles of these soils are generally immature. The specific factors that cause the young nature of the soils are used to group them into suborders.

- i. Lithopeds: the profile development is restricted by rocks that are relatively resistant to weathering or an out balance of soil erosion over soil accumulation on steep slopes.
- ii. Regopeds: the parent material is poor or inert (e.g loose sand). The soil group family is Regosol.

In order to cover the whole country on a small scale of the order of 1:1 500 000 or smaller, up to 1:3 000 000, the great soil group taxonomic level is adopted. However, soil maps at a scale of 1:250 000 cover the whole country. On these maps, the soils are grouped into Consociations, Associations and Complexes of soil series and described in greater detail. Detailed soil surveys in the country have produced maps at the level of phases of soil series (Agyili *et al.*, 1993, Asiamah *et al.*, 1996).

### **SOILS OF GHANA AT THE GREAT SOIL GROUP LEVEL**

About 42 great soil groups have been defined in the Interim Ghana soil classification system (Brammer, 1962). Among these the dominant ones are the *Forest Ochrosols*, *Savanna Ochrosols* and *Forest Oxysols*. These are deeply weathered soils belonging to the Latosol soil group family at the preceding higher level. They are similar to the Zonal soils described in the broad soil classification system of Vine (1966), and by Webster and Wilson (1980). Other extensive soils include the *Groundwater Laterites*, *Tropical Black Clays* and *Tropical Grey Earths*.

#### **Forest Ochrosols**

These are deeply weathered soils found in the semi-deciduous forest and parts of the forest-savanna transition agro-ecological zones of Ghana. These zones stretch from West to East along the middle portions of the country across the Volta Lake. The soil profiles are matured and often show clay accumulation in the subsoil.

They consist of thin (about 20 cm), dark greyish brown, humus-stained, sandy loam and silt loam topsoils which are usually moderate fine granular in structure and friable in consistency. The subsoils are thick, often more than 120 cm thick over the weathered substratum. They may be red or brown to yellowish brown showing faint mottles as influenced by physiography and internal drainage. Coarse and prominent mottles occur in plinthic horizons. The texture of the

TABLE 1  
Provisional classification of soils so far discovered in Ghana (After Brammer, 1962)

Order	Suborder	(Soil Group Family)	Great Soil Group	Great Soil Subgroup			
CLIMATOPHYTIC EARTHS	HYGROPEDS	Latosol	Forest Ochrosol	Red Forest Ochrosol			
				Yellow Forest Ochrosol			
	XEROPEDS	Basisol	Savanna Ochrosol	Red Savanna Ochrosol			
				Yellow Savanna Ochrosol			
	TOPOHYDRIC EARTH	PLANOPEDS	Very Acid Planosol ? Acid Planosol ?	Forest Oxysol	Red Forest Oxysol		
					Calcium Planosol	Yellow Forest Oxysol	
		DEPRESSIOPEDES	Sodium Planosol ? Very Acid Gleisol	Acid Gleisol	Forest Rubrisol	Red Forest Rubrisol	
						Neutral Gleisol	Yellow Forest Rubrisol
			CUMULOPEDES	Sodium Vleisol (Grey Vleisol)	Groundwater Podsol	Savanna Rubrisol Forest Brunosol Savanna Brunosol	Red Savanna Rubrisol
							Very Acid Gleisol
HYDROPEDES		Hydrosol	Tropical Black Earth Tropical Brown Earth (Tropical Grey Earth)	Savanna Grey Very Acid Gleisol (Savanna Black Acid Gleisol) (Savanna Brown Acid Gleisol) (Forest Grey Acid Gleisol) (Savanna Grey Acid Gleisol) (Forest Black Neutral Gleisol) (Savanna Brown Neutral Gleisol) (Forest Grey Neutral Gleisol) (Savanna Grey Neutral Gleisol) (Black Vleisol) (Brown Vleisol)	Reddish Prairie		
						Solonechak Solonchak Very Acid Bog ? Acid Bog Saline Bog ? Neutral Hydrosol ? Saline Hydrosol (Black Basimorphic Lithosol) (Brown Basimorphic Lithosol) (Red Basimorphic Lithosol) (Non-Basimorphic Lithosol)	
LITHOPEDES		Basimorphic Lithosol (Non-Basimorphic Lithosol)	Regosol	Savanna Grey Very Acid Gleisol (Savanna Black Acid Gleisol) (Savanna Brown Acid Gleisol) (Forest Grey Acid Gleisol) (Savanna Grey Acid Gleisol) (Forest Black Neutral Gleisol) (Savanna Brown Neutral Gleisol) (Forest Grey Neutral Gleisol) (Savanna Grey Neutral Gleisol) (Black Vleisol) (Brown Vleisol)	(Yellow Basimorphic Lithosol)		
						ALLUVIOPEDES	Alluviosol
	(Gley Alluviosol)						

N.B. (i) The use of brackets round a term indicates that the nomenclature is still provisional.

(ii) ? after a term indicates that there is some doubt as to the classification of the soil examined within the group indicated or of the soil group in the group family indicated.

<sup>1</sup> This classification table, together with the account of the major soils of Ghana which follows, are based on information available at the end of 1956.

subsoil is highly variable. It may be sandy clay loam, silty clay loam, sandy clay or silty clay with common to many (10–40%) quartz gravels and stones and hard iron and manganese dioxide concretions. The soils are moderate to strong medium subangular blocky to angular blocky structured with firm to very firm consistence. Non-gravelly, non-concretionary materials of about 50–120 cm thick from the surface may develop in what is locally termed as drift materials on small hills and upland depressions.

Soil colour is an important criterion in grouping these soils at the succeeding lower taxonomic level (Great soil subgroup) under which we have *Red* and *Yellow Forest Ochrosols*. These are further subdivided according to parent material and topography with its influence on soil colour (topohydro sequence) into various soil series. On this basis, several soil series have been found and mapped in the semi-deciduous forest belt of Ghana (Ahn, 1961; Adu, 1992). Table 2 shows a summary of the dominant soils on the basis of geology.

#### *Suitability for agriculture*

The Forest Ochrosols are generally slightly to moderately acid in the topsoil (pH 6.5 - 5.1 in 1:1 soil:water ratio). Moderate to strongly acid soil reactions have been encountered in cultivated sites in this zone in recent studies (Agyili *et al.*, 1992; Dwomo and Asiamah, 1993; Asiamah *et al.*, 2000). These soils are suitable for a wide range of crops especially tree crops such as cocoa, coffee, oil palm, para-rubber, citrus and food crops such as plantain, coco yam, maize, yams and cassava.

The major limitations for sustained agricultural productivity are the moderately steep to steep slopes (8 – 20%) that prevail in the zone. These accelerate soil erosion after the vegetative cover is removed. The soils are also low in nutrients, especially nitrogen and phosphorus, which have organic matter as their primary sources in the traditional agricultural system. Base saturation is often high but cation exchange capacity (CEC) is low, usually above 16 cmol (+)/kg clay but less than 24 cmol (+)/kg clay. The soils show good responses to fertilizer amendments especially after short fallows.

#### **Savanna Ochrosols**

These are similar to the Forest Ochrosols except that they occur in the savanna areas with semi-arid climatic conditions. Though the soils are moderately deep to deep, the solum is relatively thinner than the forest counterparts. Decomposing rock or hard rock may be encountered within 150 cm depth. The topsoils are generally thin (<20 cm), greyish brown sandy loam, weak granular and friable. The subsoils range from red in summits to brownish yellow middle slope soils (especially on some sandstone soils). Ironstone concretions and sandstone brashes of about 10–40 percent commonly occur in some of these soils. Further differentiation into Red and Yellow Savanna Ochrosols is made at the great soil subgroup level. Several soil series have also been identified in this group of soils. The dominant soil series are presented in Table 2.

#### *Suitability for agriculture*

The bulk of the country's food crops are grown on these soils. They support crops such as yams, maize, sorghum, millet, cowpea, groundnuts and cassava. Cashew production is currently on the increase on some of these soils where there is enough moisture to support its growth. The main limitations are moisture availability, which is climatic, and nutrient availability. The soils are rather impoverished through continuous cropping/short fallows without nutrient amendments. Erosion hazard is also a serious problem on steep slopes though most parts of the savanna are generally low lying.

TABLE 2  
Distribution and general characteristics of selected major soils in Ghana

GREAT SOIL GROUP	PARENT MATERIAL	COMMON SOIL SERIES	PHYSIOGR APIC POSITION		Depth (cm)		Colour		Texture		pH	
			Middle to lower	Upper to middle	Topsoil	Subsoil	Topsoil	Subsoil	Topsoil	Subsoil	Topsoil	Subsoil
					0 - 18	18 - >200	Greyish brown	Yellowish brown	Clay loam; weak granular	Sandy clay concretionary and gravelly below 85 cm depth, massive	4.2 - 4.8 (4.6)	4.6 - 5.2 (4.7)
Forest Oxisols	Granites	Ankasa	0 - 18	18 - >200	Greyish brown	Yellowish brown	Clay loam; weak granular	Sandy clay concretionary and gravelly below 85 cm depth, massive	4.2 - 4.8 (4.6)	4.6 - 5.2 (4.7)	4.6 - 5.2 (4.9)	
High rain forest - Southwestern Ghana	Lower Birimian	Boi	0 - 18	18 - >200	Greyish brown	Yellowish brown	Clay loam; weak granular	Clay, few to common concretions and quartz gravel in parts of the subsoil	4.0 - 5.0 (4.7)	4.6 - 5.2 (4.9)	4.6 - 5.0 (4.5)	
	Upper Birimian	Yakasi	0 - 18	18 - 200	Dark brown	Yellowish brown	Sandy clay loam weak granular	Concretionary clay (18 - 90cm)	4.2 - 5.0 (4.5)	4.6 - 5.0 (4.5)	4.6 - 5.0 (4.5)	
Forest Ochrosols	Granites	Asuansi	0 - 20	20 - >200	Dark grey	Yellowish red	Gritty loam, coarse granular	Gravelly & concretionary gritty clay (33 - 65 cm); massive over clay loam	6.4		5.4	
Semi-deciduous forest and transitional zones middle belt	Lower Birimian	Nzima	0 - 20	20 - 145	Dark brown	Yellowish red	Sandy loam; granular	Silty clay loam; moderate subangular blocky often gravelly with few conc	7.2		4.5 - 4.8	
	Upper Birimian	Asikuma	0 - 14	14 - >180	Dark brown	Strong brown	Silty clay loam med. Granular	Clay loam (gravelly in 14 - 28cm) coarse subangular blocky	5.0		4.6	
	Sandstone	Sutawa	0 - 13	13 - >220	Dark brown	Brownish yellow	Sandy loam granular	Sandy clay loam non-gravelly non concretionary subangular blocky	5.4		5.0	
Savanna Ochrosols	Granites	Kolingbu	0 - 20	20 - >155	Dark brown	Yellowish brown	Sandy loam granular	Sandy clay loam; columnar and subangular blocky stone line on the top	6.1		8.2	
Interior savanna zone (Northern Ghana) and coastal savanna (Accra-Ho-Keta Plains)	Sandstone	Damongo/ Mimi	0 - 20	20 - >200	Dark brown	Dark red	Loamy sand weak subangular blocky	Sandy clay loam, coarse angular and subangular blocky	6.2		5.6	
	Shale	Kumayili	0 - 25	25-145	Light yellowish brown	Yellowish brown mottled	Loamy sand plat/granular	Sandy clay loam subangular blocky	5.0		4.1	
	Upper Birimian	Bianya	0 - 16	16 - 145	V. dark gr. brown	Light gr. brown	Fine sandy loam wk. sub blocky	Silty clay ,gravelly, subangular blocky to weak columnar	7.2		5.5 - 7.7	
Groundwater Laterites	Shale	Kpelesawgu	0 - 23	23 - 53	Dark brown	Yellowish brown	Loamy sand granular	Fine sandy loam with abundant ironstone concretions & ironpan fragments	6.5		4.6 - 6.0	
Interior savanna zone (Northern Ghana)	Biotite Granite	Puga	0 - 15	15 - 150	Dark yell. brown	Brown	Loamy sand granular	Sandy clay loam ;massive (3 - 105 cm)	5.7		6.4	
Tropical Black Clays	Basic gneiss	Akuse/Teife	0 - 30	30 - 126	Black	Brownish grey	Clay loam to clay silkenides at 40cm	Clay with silkenides; medium subangular blocky	5.5		7.4 - 7.8	
Coastal savanna (Accra Plains)	Acidic Gneiss	Agawtaw	0 - 30	30 - 167+	Dark brown	Greyish yellow brown	Loamy sand	Sandy clay loam, massive hardpan 30-70 cm	6.0		7.2	
Tropical Grey Earths	Coastal savanna (Ho-Keta plains)	Fredericksburg	0 - 30	30 - >250	Greyish brown	Greyish brown	Sand; single grain; loose	Sand; single grain; loose	4.9		4.9 - 5.1	
Regosols Along the Coast line	Local Alluvium	Ofin	0 - 20	20 - 80+	Brownish grey	Light grey	Loamy sand Granular	Sand; single grain; loose	4.7		5.2	

### **Forest Oxysols**

These soils occur in the high rainfall forest zone of the country and are restricted to the south-west. Though the soils are commonly found in areas that receive annual rainfall amounts of 1800 mm and above, they have also been found in areas that receive annual rainfall amounts of 1600 mm on certain geologies (parent materials) such as the Tarkwaian quartzites (Brammer, 1962; Dwomo, 1998).

They are similar to the Forest Ochrosols described above in profile morphology. The major differences observed are that the Oxysols are deeply weathered, some to depths of over 4 m (Ahn, 1961). They are paler in colour and mostly orange brown to yellowish brown. In undisturbed areas, the top humus-stained horizons are thinner (<20cm). Organic matter contents are also reported to be relatively lower but more deeply distributed compared with their Ochrosol counterparts (Brammer, 1962). The soils are highly leached. Topsoil pH values which are lower than 5.0 make the soils strongly acid. But the pH usually increases slightly down the profile unlike the Ochrosols, which often show a decreasing trend. In fact, topsoil pH value has been the most distinguishing criterion used to separate these soils where they occur over similar parent materials. This must, however, be used with caution since several other factors could influence soil reaction.

The Forest Oxysols are divided according to subsoil colour into Red and Yellow Forest Oxysols at the great soil subgroup level. The dominant soil series are presented in Table 2.

#### ***Suitability for agriculture***

Though the soils have good physical characteristics, their use for crop production is limited by their strongly acid soil reaction. Only acid tolerant plantation crops such as oil palm, coconut, para-rubber and coffee are grown on these soils. The main food crop is cassava.

### **Groundwater Laterites**

These soils are commonly found in the interior savanna zone of northern Ghana. They are mostly associated with Voltaian shales and biotitic complex granites. They occur on gently sloping topography in a plain landscape. They are shallow to moderately deep. The soils are generally pale brown to pale grey sandy loams which contain between 10 to 40 percent ironstone concretions and nodules to depths of about 60 cm. These are abruptly underlain by sheet ironpan, boulders of ironpan or slightly indurated plinthite which grades into weathered mottled bedrock. The Groundwater Laterites are well known for their poor internal drainage conditions that induce temporal water logging conditions during heavy rains. Only a few soil series have been identified in this soil group (Table 2).

#### ***Suitability for agriculture***

Their shallow depths and the abundance of ironstone concretions and nodules, especially those developed over Voltaian shale, limit the agricultural potential of these soils. Rooting volume is reduced and this consequently affects anchorage, nutrient and moisture availability. Extensive waterlogging prevails during the peak of the rainy season thus affecting the availability of oxygen to plant roots. The major crops grown (partly dictated by climate) are maize, sorghum, millet, groundnuts, cowpea and bambara nuts. Wetland rice is locally grown on the low flat terrains which are inundated during the wet season. At such sites, the soils grade into Savanna

Lithosols. The Groundwater Laterites developed over granites have relatively deeper and less skeletal solum. They support agriculture better than their shale counterparts (Brammer, 1962; Asiamah *et al.*, 1993a; Senayah *et al.*, 1998).

### **Tropical Black Clays (earths)**

They are mostly found in the coastal savanna zone (in the Accra-Ho-Keta plains) that stretches along the coast of Ghana up to a few kilometers inland. They are developed over basic gneiss in a generally gentle topography. They are very dark brown to black clays. Weathered gneiss is encountered within 120 cm depth. Most profiles contain calcium carbonate concretions scattered in the subsoil. The profile morphology and topsoil textures are apparently influenced by total amount of rainfall received per annum (Brammer, 1962). The profiles appear deeper and topsoils are lighter (loamy) as the rainfall amounts increase. These soils, apart from their black colour, also crack deep and wide during the dry season. Gilgai micro-relief is very common on the soil surface.

Similar soils developed in local alluvium originating from hornblende granites occur in the Sudan savanna zone of northern Ghana. They are, however, less clayey probably due to the difference in parent material or relatively higher rainfall amounts. Topsoil clay content is usually < 30 percent (Asiamah *et al.*, 1996). These have been grouped as Savanna Gleisols/Tropical Black Clays (Obeng, 1971).

### ***Suitability for agriculture***

The main limitation of these soils is their workability. They are very heavy and plastic when wet and very hard when dry. They can only be ploughed within a restricted range of soil moisture content that is difficult to attain under rainfed agriculture. Apart from a few thousands of hectares that have been developed for irrigation (for example, Kpong, Asutuare, Afife and Tono irrigation projects) the bulk of these soils are rarely cultivated. Rice and sugar cane are the main crops on the irrigated fields. Small patches of rice fields are also locally cultivated during the wet season. Okro is also cultivated towards the end and beginning of the wet season.

### **Tropical Grey Earths**

These soils are found in the Accra-Ho-Keta plains in the coastal savanna zone of Ghana. They develop over acidic gneiss and schist, especially on lower slopes where they are locally influenced by drainage. The soils consist of about 30 cm thick of greyish brown, loamy sand or sandy loam, porous topsoil. This is underlain by about 30 cm thick of sodium saturated clay pan (hard pan) which shows polygonal cracking patterns. The surfaces of the prisms show coatings of organic matter. Below the hard pan, the subsoil is yellowish brown slightly and faintly mottled clay with CaCO<sub>3</sub> concretions. Often a stone line occurs between the well-developed B-horizon and the underlying weathered rock.

### ***Suitability for agriculture***

The presence of hardpan within 30 cm depth is a serious physical limitation to root development. The topsoils are naturally low in nutrients and the subsoils which are relatively richer in basic cations are inaccessible to plant roots. These soils are used mostly as open grazing fields.

## **OTHER GREAT SOIL GROUPS**

Other minor great soil groups of taxonomic importance have been mapped in Ghana (Brammer, 1962; Obeng, 1971). These include *Forest* and *Savanna Lithosols*, *Regosols*, *Forest* and *Savanna Gleisols*, *Groundwater Podsoles*, *Sodium Vleisols* and *Alluviosols*.

### **Lithosols**

They are found both under forest and savanna vegetation. They are shallow or brashy soils developed on steep slopes or have extensive exposures of hard rock and ironpan. They have very little agricultural value.

### **Regosols**

These are restricted to a narrow strip along the coast of Ghana. They are deep sands developed in a probable coastal dune landscape. The soils are highly acid and poor in nutrients (basically composed of quartz). They are, therefore, generally of low agricultural value. They, however, support good coconut plantations especially in southwestern Ghana where annual rainfall is over 1800 mm. The sandy texture also provides good rooting conditions for extensive root growth of the coconut palm.

### **Gleisols**

They occur along a few of the major river basins (e.g. the Volta, Nasia and Ofin rivers). They occupy terrace positions and are rarely inundated by the present river floods. The soils, due to their alluvial nature, vary in texture, colour and reaction. They are locally used for vegetable and sugar cane production or grazing.

### **Groundwater Podsoles**

They are developed in old in-filled lagoons locally identified along the coast in the Southwest. The profile consists of about 5 cm of humus-stained sand over about 60 cm of bleached sand that is abruptly underlain by dark brown organic pan. Below the pan the soil is grey to brown sands. *Atuabo series* is an example of this soil type.

### **Sodium Vleisols**

These are saline soils that border the saline coastal lagoons. They stretch eastward from the Songaw lagoon to beyond the Keta lagoon to the Togo border along the Ghanaian coast. They are black to dark grey clays with hard and sticky consistence and well noted for the presence of salt crust on the soil surface, especially on bare lands bordering the margins of the lagoons.

The soils have limited agricultural potential. They are, however, cultivated to sugarcane around the lower Volta basin where they receive an influx of fresh water annually, thereby reducing their sodicity.

### **Alluviosols**

These are soils bordering most of the rivers and streams network in the country. They are either recent alluvial deposits or presently influenced by the floods of these drainage channels. The topsoils are usually sandy, loamy or clayey textured and may show buried horizons and lithological discontinuities. Their positions in the flood plains restrict their use for agriculture. They are locally used for wetland rice and sugarcane cultivation. Dry season vegetable gardening is common in some areas.

### GENERAL OBSERVATIONS ON THE INTERIM GHANA SOIL CLASSIFICATION SYSTEM

The system was designed in the late 1950's and early 1960's (Brammer, 1962). Only limited data on the soils of Ghana was available at the time. This could not support a comprehensive soil taxonomic system like such international systems as the Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975), FAO (1988); ISSS/ISRIC/FAO (1998). The design of the categorization and pseudo-connotative terminologies in the order and suborders may be commended. The basis of the classification (on the so-called soil forming factors) is, however, weak as revealed in the advancements made in soil science.

Soils are now known to be formed by pedological processes which have recorded in the soil morphological characteristics that may be observed in the field (ISSS/ISRIC/FAO, 1998). The soil forming factors (Jenny, 1941) may influence these processes but are not directly responsible for the development of any soil profile (E. van-Ranst - unpublished lecture notes - University of Ghent, Belgium). Several pedological processes may be active in the soil concurrently, the most active processes leave the most dominant feature(s).

The authors of the above soil classification work, however, need commendation from local soil scientists irrespective of any short falls of the system. Driessen and Dudal (1991) grouped the major soil units of FAO (1988) on similar principles of dominant soil forming factor(s). The demand for taking inventory of the soils of Ghana required that a working legend be adopted. The concept of soil series expressed as the lowest category in the taxonomic system has been very useful.

The soils of Ghana were therefore mapped at a scale of 1:250 000 as Associations, Consociations and Complexes of soil series. Smaller scale soil maps of Ghana are available at the great group level.

The soil series concept is well embraced by local soil scientists. It makes soil mapping rather easy.

Over the years, a few difficulties have been noted through discussions with Ghanaian soil scientists. There are apparently too many soil series because of the framework on which the soil series was defined - mainly by soil forming factors. Any slight difference in adjoining soils resulted in a different name. In fact quite a number of soils have counterpart names or counterpart soil series under different conditions though profile morphology might be very similar. Examples of such are given in Table 3. Some of these soils could be amalgamated into one soil series.

**TABLE 3**  
**Examples of soil series and their counterparts under different environmental conditions**

Soils forming factors	Soil series	Counterpart soil series
Parent material	Kumasi Biotite granite	Bomso Muscovite rich granite; Adujanso (horneblende granite)
	Damongo Coarse grained sandstone	Mimi (medium grained sandstone)
Soil reaction and ecological zone	Boi (strongly acid topsoil in the high rain forest on lower Birimian phyllite)	Nzima (moderately acid topsoil in semi-deciduous rain forest on similar parent material)
Vegetation	Bediesi (on sandstone in forest)	Damongo (on sandstone in savanna)
	Pimpimso (on sandstone in forest)	Techiman (on sandstone in savanna)

Another problem with our soil series concept is that there was no limit on the extent to which a polypedon may qualify to be a soil series compared to the USDA System (Soil Survey Staff, 1993). There are a lot of soil series which are just localized soils which normally could be inclusions or at most taxadjuncts (Soil Survey Staff, 1993).

Furthermore, the soil series concept requires that people must know the soil and be able to identify such soils. Because most of the people who developed the system and worked with the system have retired long ago, young soil scientists find it difficult to identify soils in the field. This results from the wide range of characteristics of some of the soil series, coupled with changes that occur over time and the representativeness of the reference profile one is using. This necessitates that one may always have to resort to literature and long discussions before a soil series is confirmed.

The increased attention to international soil classification systems has also been to the detriment of a better understanding and improvement of the Interim Ghana soil classification system. Perhaps a little more attention and review could lead to an upgrading of the system.

#### **OBSERVATIONS ON WRB**

- The WRB has been found to be a technical manual with well defined diagnostic criteria for the soil horizons, soil properties and soil materials.
- In general the WRB is easy to use in the field. Unlike the Revised legend, the WRB has not got restricted subunits, making it easy to use any dominant soil properties encountered in the field.
- There is more information on soils in the WRB than in the previous systems. This makes gaps to be filled by incorporating the latest knowledge on soil resources.
- This also makes communication among scientists easy as WRB provides better correlation between national systems of classification especially in the transfer of pedological data.
- The principles in the WRB are clearly defined.
- The two tiers of categorical details allow precise characterization and classification of individual soil profiles thus accommodating local diversity in soil classification and evaluation. Land use and soil management exercises are accommodated by the use of the lower levels.
- Priority list of qualifiers helps to avoid confusion among scientists.
- The extension in the number of reference soil groups from 28 to 30 makes classification more manoeuvrable. The grouping of plinthite and petroplinthite into one soil reference soil group (Plinthosol) is acceptable since they are produced by the same process and are becoming important in land degradation mapping.
- However, the definition of maziic formative element as subunit for Vertisols could be reviewed. Vertisols crack wide and deep, leaving large polygonal prismatic structures. The condition of structureless massive can hardly be met except when wet. It may be preferable to stick to a hard to extremely hard consistence.

#### **SOIL CORRELATION WITH WRB**

Since the 1970s nearly all soil series dug, described, sampled and analysed in Ghana by the Soil Research Institute have been classified in at least one international soil classification system,

especially the FAO/UNESCO Soil Map of the World Revised Legend (FAO, 1988), the Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975; 1992) and the French classification system (ORSTOM). Obeng (1971) also provides generalized correlation on the soils of Ghana at the great soil group level.

Soil correlation in Ghana has generally been progressive without much difficulty on the basis of profile characteristics. Higher categories, for example the great soil groups, also fit in the USDA, FAO and French systems of soil classification. The major soils of Ghana have been correlated with the reference soils of the WRB (Table 4). The main constraints observed are that one soil series may fall into one or two classifications at a given higher categorical level. This is because of the superposition of independently developed systems. For example, *Kumasi series* may be an Acrisol, Lixisol, or Alisol Reference soils of the WRB. The classification is, therefore, not very consistent and can be confusing. In another instance, the subunit level also imposes difficulty. *Kumasi series* may have plinthite, many gravels, bright red colour or vertic characteristics. This means the *Kumasi series* alone is not enough to suggest its agricultural potential and necessary soil management practices.

Depending on the predominant characteristics several subunits may result in most of our soil series.

Another problem in correlating the Interim Ghana Soil Classification System with the WRB and FAO/UNESCO systems is that no provision is made for some characteristics such as vertic at the lower level units. For example, people argue that Gleysols are often under water and do not experience the characteristic wetting and drying conditions required for the formation of Vertisols.

Most of the Black Clays in Ghana, especially *Kupela series* and sometimes *Akuse* and *Tefle series*, show deep and wide cracks and conspicuous slickensides but the top 18cm fail to meet the 30% clay content after mixing. This relegates them to the Gleysols and the vertic characteristics forced to the third level. This does not reflect the landuse difficulties associated with these soils. In fact, they “resemble” Vertisols more than Gleysols.

It is suggested that the clay content of Vertisols be reduced or at least a vertic phase for the possible transformation of Gleysols to Vertisols due to climatic and environmental change be introduced.

Some degree of difficulty is also encountered when correlating WRB with the deep soils in Ghana. The control section of base saturation in the Acrisols is within 125cm. That of the Lixisols is throughout the B-horizon which often goes beyond 125cm. Some horizons below 125cm show base saturation of less than 50 percent ( $\text{NH}_4\text{Oac}$ ). Such soils do not fit into Acrisols or Lixisols.

It has been a common practice that most people classifying soils look up for common diagnostic horizons such as argic horizon and do not go further to look for others that can occur concurrently eg. ferralic horizon. It may be helpful if the limits of ferralic horizon be introduced into the definition of argic horizon stating that lacking the properties that fulfils a ferralic horizon. Scientists may have to take a closer look to avoid any misunderstandings.

Selected soil profiles of the major soils of Ghana are presented below. These are classified in the local, FAO (1988) and WRB (ISSS/ISRIC/FAO, 1998) systems.

**TABLE 4**  
**Soil correlation of the Interim Ghana Soil Classification System with the World Reference Base (WRB)**

Ghana classification system Great Soil Groups (Brammer, 1962)	World Reference Base Reference soils (ISSS/ISRIC/ FAO, 1998)
Forest Oxysols	Ferralsols/Acrisols
Forest Ochrosols	Acrisols/Alisols/Lixisols Nitisols/Ferralsols/Plinthosols
Savanna Ochrosols	Lixisols/Luvisols/Plinthosols
Groundwater Laterites	Plinthosols/Planosols
Tropical Black Clays	Vertisols (Gleysols)
Tropical Grey Earths	Solonetz/Planosols
Lithosols	Leptosols/Plinthosols
Rubrisols	Lixisols/Luvisols/Plinthosols
Alluviosols	Fluvisols
Gleisols	Gleysols/Cambisols
Sodium Vleisols	Solonchaks
Regosols	Regosols/Arenosols

## CONCLUSION

The present advances in soil sciences require that a universally accepted system of soil classification be introduced. Such a system should replace or at least complement the numerous systems now in operation worldwide. This will enhance improved scientific communication among soil scientists and facilitate technology transfer of soil-based systems. Consequently, agricultural productivity will be enhanced through soil survey activities for sustained food production to feed the evergrowing world population while conserving the environment

Comparisons of the WRB and the local Ghana Classification system show gaps and overlaps which need to be corrected. Normally like the Ghana system, local systems are old and do not incorporate latest findings in soil research. The WRB incorporates latest findings and must therefore be a pivot around which local systems should operate to correct anomalies.

The concept of classifying soils on the basis of morphological properties is laudable since these could be referred from any standard soil profile description. The activity status of such morphological characteristics is, however, essential since they will determine, to some extent, the recommended management practices for the sustained use of any piece of land.

### An example of Tropical Black Clays (Source: Asiamah, 1984)

Soil name:	Tefle series	WRB: (1998) Eutri-Pellic Vertisol	Location:	Ho-Keta Plain
Classification:	FAO/UNESCO (1988) Eutric Vertisol	Drainage: Poorly drained		
Parent material:	Alluvial Clay	Physiography: Flood basin		
Vegetation:	Fallow farmland/Swamp grass			
Date:	13/6/83			
<b>Horizon</b>	<b>Depth (cm)</b>	<b>Description</b>		
Ap1	0 – 5	Black (10YR 2/1) moist; clay loam; weak fine granular; slightly sticky, slightly plastic, friable, slightly hard; many fine and medium random tubular pores; pieces of charcoal, many termite burrows and worm casts; many very fine, fine and medium roots; diffused, wavy boundary; pH 4.9.		
Ap2	5 – 11	Very dark grey (10 YR 3/1) moist; clay loam; weak moderate fine and medium granular; slightly sticky, slightly plastic, friable, slightly hard; many fine and medium random tubular pores; pieces of charcoal, many worm burrows and casts; many fine and medium roots; gradual, wavy boundary; pH 4.3.		
Ap3	11 - 19	Very dark grey (10 YR 3/1) moist; clay; moderate fine and medium granular; fine and medium subangular blocky; slightly sticky, slightly plastic; common fine and medium horizontal inped pores; pieces of charcoal, numerous worm casts; and burrows; numerous rusted dark yellowish brown root channels; abrupt, smooth boundary; pH 4.3.		
Bg1	19 - 30	Dark grey (10YR 4/1) moist, common fine distinct clear reddish brown (5YR 4/4) mottles; clay; strong medium subangular blocky; sticky and plastic, firm, hard; continuous thin clay cutans on ped faces, slickensides; few fine and medium horizontal exped pores; common fine and medium roots; clear, wavy boundary; pH 4.2.		
Bg2	30 – 50	Dark brown (7.5YR 4/4) moist; common medium distinct clear brown (7.5YR 5/2) mottles; clay; medium and coarse angular blocky; sticky and plastic; very firm, strong; few medium vertical inped pores; continuous moderately thick clay cutans on ped faces, slickensides on large faces; few fine roots; diffused, wavy boundary; pH 4.5		
Bg3	50 – 55	Dark grey (10YR 4/1) moist, many coarse distinct yellowish brown (10YR 5/8) mottles; clay; angular blocky and very coarse columnar; plastic and sticky, very firm, hard; continuous thick clay cutans on ped faces, slickensides; few medium roots; diffused, wavy boundary; pH 4.4		
BCr	55 – 138	Grey (10YR 5/1) moist, many coarse prominent clear strong brown (7.5YR 5/8) mottles; clay; very coarse angular blocky and very coarse columnar, sticky and plastic, very firm, very hard, continuous clay cutans on ped faces, slickensides; very few medium roots; clear, wavy boundary; pH 4.0,		
2Cr	138 – 177	Dark grey (7.5YR 4/0) moist, few fine distinct diffused strong brown (7.5YR 5/8) mottles; clay; medium and coarse columnar structure, very sticky and plastic, very firm, hard, continuous thin clay cutans on ped faces, many fine vertical inped pores; common very fine and fine roots; abrupt, smooth boundary; pH 4.3		
3Cr	177 – 193+	Brown (7.5 YR 4/2) moist; foul smelling; pH 3.7		

Horizon	Depth (cm)	pH H <sub>2</sub> O 1:1	Org. C (%)	Total N %	Organic Mat. (%)	Exchangeable cations cmol(+) / kg soil					CEC cmol(+) per kg soil	Base sat. (%)	Bray P ppm
						Ca+	Mg++	K+	Na+	Al+H			
Ap1	0 ñ 5	4.9	2.52	0.29	4.3	14.2	9.4	0.32	0.87	0.4	25.2	98	11
Ap2	5 ñ 11	4.3	0.12	0.27	0.2	11.3	9.1	0.25	0.8	1.55	23.01	93	1
Ap3	11-19	4.3	0.12	0.21	0.2	13.4	7	1.2	0.82	1.25	23.67	95	
Bg1	19 ñ 30	4.2	0.57	0.14	1	14.2	9	0.51	0.86	1.05	25.62	96	
Bg2	30 - 50	4.5	0.4	0.8	0.7	12.8	9.2	36	0.87	2.4	25.63	98	
Bg3	50 - 55	4.4	0.3	0.7	0.6	10	7.6	0.28	0.87	3.3	22.06	85	
BCr	55 - 138	4	0.28	0.8	0.5	6.5	3.2	0.2	0.82	7.3	18.05	60	
2Cr	138 - 177	4.3	0.41	0.8	0.7	2.4	1.5	0.14	0.59	8.6	13.24	54	
3Cr	177 - 198	3.7	0.41	0.1	0.7	12.6	10.1	0.27	0.86	2.45	26.28	91	

Sand	Particle Size Analysis (%)		Texture
	Silt	Clay	
16.0	24.1	59.9	Clay
9.0	19.8	71.2	Clay
11.0	19.0	70.0	Clay
2.3	17.2	80.5	Clay
0.9	15.1	84.0	Clay
4.0	16.0	80.0	Clay
3.7	29.5	80.0	Clay
3.7	44.3	52.0	Clay
9.0	18.0	73.0	Clay



**An example of Groundwater laterites (Source: Adu, 1995)**

Soil name: Kpelesawgu series  
 FAO: Eutric Plinthosol  
 WRB: Stagnic Plinthosol  
 Parent material: Residual concretionary fine sandy clay loam developed  
 Drainage: Imperfect  
 over ferruginous crust and clay shale  
 Site: Middle of very gentle slope (2-3%)  
 Vegetation: Tall grass savanna  
 Location: Tamale-Bolgatanga road-Interior savanna  
 Profile No.: NB 34, Lab. No. B2194

Horizon	Depth (cm)	Description
A1	0 - 10	Dark brown (10Y 4/3); humous; fine sandy loam; weak granular; very few iron concretions; many fine, roots; pH 6.6
A2	10 - 23	Dark yellowish brown (10YR 4/4); slightly humous; fine sandy loam; few iron concretions; many fine roots; friable; loose; pH 6.4
A3	23 - 33	Yellowish brown (10YR 5/4); fine sandy loam; friable; slightly loose; abundant iron concretions; very few small pieces of ironpan; many fine roots; pH 5.6
Btes	33 - 53	Yellowish brown (10YR 5/6); slightly mottled strong brown (7.5YR 5/6); sandy clay loam; abundant iron concretions, abundant MnO <sub>2</sub> stained small pieces of ironpan; few fine roots; very firm; abrupt boundary ; pH 5.6.
Bsm	53 - 120	MnO <sub>2</sub> stained ironpan; massive.
Bv	120 - 165	MnO <sub>2</sub> stained soft ironpan; clay loam; massive; abrupt boundary.
Bteg	165 - 205	Reddish yellow (7.5YR 6/6) mottled light grey (2.5YR 7/2) and red (2.5YR 4/8); silty clay; massive; very firm; abundant MnO <sub>2</sub> stained small pieces of ironpan; abundant iron concretions; few ferruginized rock brash; pH 5.4.
BC	205 - 232	Yellowish red (5YR 5/6) mottled light grey (2.5YR 7/2), red (2.5YR 4/8) and reddish yellow (7.5 6/8) clay; medium subangular blocky; firm decomposed shale; very few iron concretions; very few ferruginized rock brash; pH 4.8.
Cr	232 - 260	Mottled light grey (5Y 7/2) brownish yellow (10YR 6/8) and red (2.5YR 4/6); clay; decomposing clay shale; very few MnO <sub>2</sub> stains; massive; Very firm; pH 4.

Depth (cm)	Horizon	Part, size distribution-International pipette & hexametaphosphate (mm) %			Organic Matter %		pH	Exchangeable complex cmo(+)/kg soil						Total sP (ppm)			
		C: Sand 2-2	Fine Sand 2-02	Silt 02-002	Clay 002	C(n)		O.M (CX1.72)	T(CEC) (b)	Ca++	Mg++	Mn+++	K+		Na+	S(TEB)	%Base Sat.
0-10	A1	4.8	65.6	21.0	8.7	1.08	1.86	6.7	6.26	4.31	1.35	.06	.19	.11	6.02	96	108
10-23	A2	4.1	64.3	21.4	10.2	.62	1.07	6.2	8.58	2.28	1.03	.04	.09	.06	3.50	41	96
23-33	A3	4.9	58.5	20.8	15.8	.41	.71	5.8	6.32	1.61	1.04	.07	.10	.11	2.93	46	112
33-53	Btes	6.8	43.1	25.5	24.5	.39	.67	5.7	5.04	1.95	1.28	.09	.09	.14	3.55	70	176
53-120	Bsm	12.6	29.0	22.2	36.2	.18	.31	6.0	8.65	3.11	2.24	.03	.20	.17	5.75	67	281
120-165	Bv	9.4	21.5	23.7	45.4	.10	.17	5.8	9.55	3.65	2.92	.01	.22	.19	6.99	73	204
165-205	Bteg	5.1	20.8	25.7	48.4	.09	.15	5.2	10.52	3.55	3.18	.01	.15	.22	7.11	68	156
205-232	Bc	4.6	13.8	28.4	53.2	.08	.14	4.6	28.77	11.69	11.55	.05	.30	.74	24.33	85	271
232-260	Cr	.8	14.1	36.7	48.4	.07	.12	4.5									

(n) Walkley-Black, (b) NH4+ Saturation and direct distillation of NH3 (K) Kjeldahl method

### An example of Savanna Ochrosol (Source: Asiamah *et al.*, 1993b)

General Information	Soil name: Damongo series	Classification: FAO (1988): Haplic Lixisol
WRB (1998):	Chromic Lixisol	Location: Transitional zone
Physiographic position:	Upper slope	Drainage: Well drained
Slope on which profile is sited: Almost level (0– 2%)	Surrounding landform: Undulating	Human influence: Old farm land
Depth of groundwater table: Below profile throughout the year	Parent material: Drift material derived from sandstone	
Vegetation:	Medium grass	

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0 – 6	Brown (7.5YR 4/6) moist and dry; loamy sand; weak fine granular; non plastic, very friable, loose; many very fine, horizontal, tubular pores; common medium, fine and very fine roots; clear, smooth boundary; pH 5.9.
Ap	6 - 13	Dark reddish brown (5YR 3/4) moist and brown (7.5YR 4/6) dry; loamy sand, weak fine to medium granular; non sticky, non plastic, very friable, loose, many very fine, horizontal, inped tubular pores; krotovinas, common medium, fine and very fine roots; diffuse, smooth boundary; pH 5.7.
Ap3	13 - 19	Dark reddish brown (5YR 3/4) moist and brown (7.5YR 4/6) dry; loamy sand; moderate medium and coarse granular; non sticky, non plastic, very friable, loose; many very fine and fine, horizontal, inped tubular pores; krotovinas, few pieces of pottery; common very fine and fine few medium roots; abrupt, smooth boundary; pH 5.6.
AB	19-35	Reddish brown (5YR 4/8) moist; sandy loam; strong medium subangular blocky breaking into fine subangular blocky; slightly sticky, non plastic, firm; common fine and very fine horizontal, inped pores; krotovinas, few pieces of pottery; few medium and fine roots; clear, smooth boundary; pH 5.4.
Bt1	35-55	Dark reddish brown (2.5YR 3/6) moist; sandy clay loam; moderate medium and coarse subangular blocky; slightly sticky, non plastic, firm; patchy thin cutans in pores and ped faces; common medium and fine horizontal and oblique inped pores; few fine roots; gradual, smooth boundary; pH 5.5.
Bt2	55-85	Reddish brown (2.5YR 4/6) moist; sandy clay loam; weak to medium coarse and medium subangular blocky breaking easily into fine aggregates; slightly sticky, non plastic, friable to firm; Patchy thin cutans in pores and ped faces; common medium and fine oblique and horizontal pores; few fine roots; diffuse, smooth boundary; pH5.4.
Bt3	85-108	Reddish brown (2.5YR 4/8) moist; sandy loam; weak to moderate medium and fine subangular blocky; slightly sticky, non-plastic, friable, no cutans detected; common medium and fine oblique and horizontal pores; few fine roots; diffuse, smooth boundary; pH5.6.
Bt4	108-139	Reddish brown (2.5YR 4/8) moist; sandy loam; weak medium and fine subangular blocky; slightly sticky, non plastic, friable; no cutans detected; common medium and fine oblique and horizontal pores; very few fine roots; merging, smooth boundary; pH 5.6.
Bt5	139-179	Reddish brown (2.5YR 4/8) moist; sandy loam; weak fine and very fine subangular blocky; slightly sticky, non-plastic, friable; no cutans detected; common medium and fine oblique and horizontal pores; very few very fine roots; pH 5.7.

Horizon (cm)	H <sub>2</sub> O	Organic C %	Total N %	Org. Matter %	Exchangeable Cations cmol(+)/kg soil						ECEC cmol(+)/kg soil	Base Sat. %	ppmP
					Ca ++	Mg+++	K+	Na+	TEB	(Al+H)			
0 - 6	5.9	0.47	0.04	0.8	1.30	0.60	0.13	0.16	2.19	0.40	2.59	85	12.6
6 - 13	5.7	0.37	0.06	0.6	1.50	0.20	0.09	0.12	1.91	0.35	2.26	85	6.0
13 - 19	5.6	0.33	0.03	0.6	1.50	0.10	0.07	0.12	1.79	0.40	2.19	82	
19 - 35	5.4	0.32	0.04	0.6	1.50	0.60	0.09	0.12	2.32	0.55	2.87	81	
35 - 55	5.5	0.34	0.04	0.6	2.50	0.70	0.10	0.13	3.44	0.55	3.99	86	
55 - 85	5.4	0.26	0.04	0.5	2.50	0.90	0.13	0.14	3.69	0.50	4.19	88	
85 - 108	5.6	0.15	0.04	0.3	2.60	0.80	0.11	0.14	3.65	11.25	4.90	74	
108 - 139	5.6	0.14	0.03	0.2	3.10	0.50	0.11	0.15	3.86	0.60	4.46	87	
139 - 179	5.7	0.12	0.03	0.2	3.30	0.40	0.16	0.21	4.07	0.45	4.52	90	

Depth (cm)	Mechanical Analysis (%)			Texture
	Sand	Silt	Clay	
0 - 6	87.0	10.5	2.5	Sand
6 - 13	87.9	9.6	2.5	Sand
13 - 19	90.1	7.4	2.5	Sand
19 - 35	80.2	9.8	10.0	Sand loam
35 - 55	61.9	9.1	29.0	Sand clay loam
55 - 85	66.0	8.0	26.0	Sand clay loam
85 - 108	61.1	7.9	31.0	Sand clay loam
108 - 139	56.0	10.0	34.0	Sand clay loam
139 - 179	53.1	9.9	37.0	Sand clay

### An example of Forest Ochrosol (Asiamah 1999, unpublished Ph.D Thesis)

General information		Registration and Location	Date of description: 19/12/ 1997
Soil unit: Kumasi series		Location: Semi-deciduous rain forest	Parent material: Granite
WRB: 1998 Plinthic Ferralsol		FAO (1988): Haplic Ferralsol	Drainage class: Well drained
Topo-site: Upper slope		Landuse: Research plots for arable crops	

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0 - 17	Very dark greyish brown (10YR 3/2) moist; sandy clay loam; weak fine granular; friable, non sticky, non plastic; many fine interstitial pores; few fine and medium, irregular, hard, ironstone concretions; many fine and medium angular fresh quartz stones; many very fine, common fine and few medium roots; abrupt, smooth boundary; pH 5.1.
Bsc	17 - 29	Yellowish red (5YR 4/6) moist; sandy clay loam; moderate fine subangular blocky; friable, slightly sticky, slightly plastic; common fine interstitial pores; few medium angular fresh quartz stones and gravels; common fine and medium irregular hard ironstone gravels and concretions; few fine and medium roots; abrupt, smooth boundary; pH 5.0
Btsc1	29 - 44	Yellowish red (5YR 5/6) moist; clay; moderate fine subangular blocky; firm, slightly sticky, slightly plastic; common faint clay cutans on pedfaces; common fine and few medium interstitial pores; few angular fresh quartz stones and gravels; common fine and medium irregular ironstone gravels and concretions; few very fine and fine roots; gradual, smooth boundary; pH 4.6.
Btsc2	44 - 75	Reddish yellow (5YR 7/6) moist; clay; moderate fine, subangular blocky; firm, sticky, plastic; common distinct clay cutans within pores and on pedfaces; common fine interstitial pores; very few and few angular fresh quartz stones and gravels; common fine, irregular soft and hard, ironstone gravels and concretions, few very fine and fine roots, clear, smooth boundary; pH 4.2.
Btscv1	75 - 134	Red (2.5YR 5/6) moist, few fine faint clear reddish brown mottles (plinthite material); clay, moderate fine subangular blocky; firm, sticky, plastic; distinct clay cutans within pores and on pedfaces; few fine and common medium interstitial pores; very few fine irregular soft and hard, ironstone gravels and concretions; very few fine angular fresh quartz gravels; very few, very fine and fine roots; diffuse, smooth boundary; pH 4.0.
Btscv2	134 - 173	Red (2.5YR 5/8) moist; common fine distinct clear reddish brown and yellowish brown mottles (plinthite material) clay; moderate fine subangular blocky; firm, sticky, plastic; common distinct clay cutans within pores and on ped faces, few fine interstitial pores, many feldspar and mica flakes; few fine and medium angular fresh quartz stones and gravels; very few, fine, hard, irregular, ironstone fragments and concretions; very few, very fine and fine roots; diffuse, smooth boundary, pH 4.0.
Btscv3	173 - 200	Red (10R 5/8) moist, many medium distinct clear reddish and yellowish brown mottles; (plinthite material); clay; strong coarse subangular blocky; sticky, plastic, firm; common distinct clay cutans on pedfaces; few fine angular fresh quartz gravels; few fine and medium interstitial pores; few mica flakes, very few soft and hard ironstone concretions, pH 3.8.

Horizon	Depth (cm)	PH H <sub>2</sub> O 1:1	EC MS/cm	Org. C %	Total N %	Org. Matter %	Exchangeable Cations cmol (+)/kg soil					CEC Cmol (+)/kg	Base Sat. %	
							Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	TEB (Al+H)			
	0 - 17	5.1	0.08	2.25	0.18	3.88	5.44	5.28	0.23	0.11	11.06	0.40	11.46	97
s	17 - 29	5.0	0.08	1.92	0.16	3.31	3.84	0.96	0.09	0.06	4.95	0.30	5.25	94
cs1	29 - 44	4.6	0.12	0.94	0.08	1.62	3.20	0.80	0.09	0.07	4.16	0.20	4.36	95
cs2	44 - 75	4.2	0.09	0.80	0.06	1.38	3.20	0.80	0.06	0.06	4.12	0.75	4.87	85
csv1	75 - 134	4.0	0.04	0.75	0.06	1.29	1.28	0.32	0.04	0.05	1.69	1.70	3.39	50
csv2	134 - 173	4.0	0.03	0.66	0.05	1.14	1.12	0.48	0.04	0.05	1.69	1.90	3.59	47
csv3	173 - 200	3.8	0.03	0.60	0.05	1.03	1.28	0.32	0.04	0.05	1.69	2.50	4.19	40

Horizon	Mechanical Analysis			Texture
	% Sand	% Silt	% Clay	
Ap	53.49	23.26	23.25	Sandy clay loam
Bcs	50.94	20.60	28.46	Sandy clay loam
Btcs1	40.21	14.40	45.39	Clay
Btcs2	36.34	8.57	55.09	Clay
Btcsv1	26.75	15.48	57.77	Clay
Btcsv2	18.49	22.45	59.06	Clay
Btcsv3	18.00	25.80	56.20	Clay

### An example of Tropical Grey earths (Source: Asiamah, 1990)

Soil name: Agawtaw series  
 High Category Classification: Mollo-Stagnic Solonetz  
 FAO (1988): Mollo-Stagnic Solonetz  
 WRB (1998): Stagni-Mollic Solonetz  
 Date of Examination: 9<sup>th</sup> November, 1990  
 Land form: Physiographic position: On a plain

Slope on which profile is sited: Flat (1%)  
 Parent material: Garnetiferous homblendic acidic gneiss  
 Moisture conditions in profile: Dry throughout  
 Drainage: Poorly drained  
 Depth of groundwater: Below the profile  
 Surrounding land form: Almost flat

Author: Team work  
 Location: Accra Plains

#### Horizon Depth (cm) Description

A1 0 - 15 Dark brown (10YR 3/3) moist and dull yellow brown (10YR 4/3) dry; sandy loam; weak to moderate, medium and fine granular, non sticky, non plastic, loose, soft; common fine and very fine continuous vertical inped tubular pores; many fine and very fine roots; clear, smooth boundary; pH 5.8.

A2 15 - 32 Dark (10YR 3/3) moist and dull yellow brown (10YR 4/3) dry few fine faint brown (10YR 4/6) mottles; loamy fine sand, strong coarse and medium prismatic; non sticky, non plastic, friable, hard with vertical cracks; common very fine and fine continuous random inped tubular pores; few fine angular quartz gravels; very few, small soft, irregular, black manganese dioxide concretions; common medium and few fine roots; clear, smooth boundary; pH 6.9.

Bmg 32-68/88 Greyish yellow brown (10YR 4/2) moist, few fine faint brown (10YR 4/6) mottles; sandy clay loam; massive slightly sticky, non plastic, extremely firm, extremely hard with vertical cracks; common fine and medium continuous random tubular pores; few fine angular quartz gravels; many small, hard spherical and irregular, black manganese dioxide concretions and few small, hard spherical dark brown ironstone concretions; few fine roots; continuous massive pan; clear, wavy boundary, pH 6.4 - 7.4.

CBg 68/88-89/107 Dull yellow (2.5YR 6/3) moist and dry, many fine and medium, distinct bright yellowish brown (10YR 5/8) mottles; sandy clay; non plastic, firm, hard; vertical tubular pores; abundant fine and coarse angular, quartz gravels manganese concretions; clay; massive; slightly sticky, common fine and medium roots; pH 7.1.

Depth (cm)	PH H <sub>2</sub> O 1:1	Org.C %	Total N (%)	Org. Matter (%)	Exchangeable Cations cmol(+)/kg soil						CEC cmol(+)/kg soil
					Ca++	Mg++	K+	Na+	Mn <sup>2+</sup>	TEB (Al+H)	
0-15	5.8	1.34	0.06	2.3	2.80	2.40	0.09	0.22	<001	5.51	6.21
15-32	6.9	0.66	0.04	1.1	4.00	3.80	0.27	0.93	<001	9.00	10.40
32-47	6.4	0.31	0.40	0.5	9.50	7.50	0.51	3.26	<001	20.77	21.87
47-68/88	7.4	0.13	0.03	0.2	23.20	10.60	0.64	4.46	<001	38.84	39.94
68/88-89/107	7.1	1.10	0.03	0.2	17.40	8.30	0.65	4.67	<001	31.02	32.37

Horizon	Mechanical Analysis (%)			Texture
	Sand	Silt	Clay	
0 - 15	74.0	23.0	3.0	Loamy sand
15 - 23	70.5	19.5	10.0	Sandy loam
23 - 47	64.0	12.0	24.0	Sandy clay loam
47 - 68/88	64.0	12.0	24.0	Sandy clay loam
68/88 - 89/107	50.5	10.5	39.0	Sandy clay

**An example of Forest Oxysol (Source: Dwomo, 1998)**

Profile No: B ATP1	Soil name: Juaso series	Human Influence: Clearing
WRB (1998): Lixic Ferralsol	FAO/UNESCO (1988): Haplic Ferralsol	Location: High Rainfall Forest
Physiographic position: Upper slope	Drainage: Well drained	Surrounding Landform: Upland
Depth of Water Table: Not encountered	Slope (site): 12%	Location: High Rainfall Forest
Moisture condition in Soil: Moist	Parent material: In situ weathered product of Tarkwian	Evidence of Erosion: Rill/Gully Erosion

<b>Horizon</b>	<b>Depth (cm)</b>	<b>Description</b>
Ap	0 - 10	Yellowish brown (10YR 4/2) moist; sandy loam; weak fine granular; non sticky, non plastic, friable; few medium vertical and horizontal pores; common fine, few medium roots; clear smooth boundary; pH 5.3
BA	10 - 21	Brown (7.5YR 4/3) moist; sandy loam; moderate medium subangular blocky; slightly sticky, slightly plastic, firm; few fine tubular pores; few pieces of charcoal; few medium, common fine roots; clear smooth boundary; pH 4.7
Bt1	21 - 55	Strong brown (7.5YR 4/6) moist; sandy clay loam; massive, slightly sticky, slightly plastic, firm; common faint clay cutans on ped surface; abundant rounded and flatfish quartz gravels, common medium round and irregular quartz stones; few pieces of charcoal; few coarse, few medium and common fine roots; abrupt smooth boundary; pH 4.2
Bt2	55 - 94	Strong brown (7.5YR 5/6) moist; clay loam; moderate medium subangular blocky; slightly sticky, slightly plastic; firm; faint clay cutans on pedfaces; abundant medium rounded and irregular shaped quartz stones, many medium and many fine roots; clear smooth boundary; pH 4.2
Bt3	94 - 140	Strong brown (7.5YR 5/8) moist; clay; moderate medium subangular blocky, sticky, plastic, firm; few medium, few fine quartz gravel; very few faint clay cutans on ped surface; few traces of decomposing rock; very few fine roots; clear smooth boundary; pH 3.9
C	140 - 180	Reddish yellow (7.5YR 6/6) mottled, common faint distinct red (2.5YR 4/6) moist; clay; weak medium subangular blocky; sticky, plastic, firm; common pieces of decomposing rock; pH 3.9

	Horizon	pH 1:1 (H <sub>2</sub> O)	Organic C %	Total N %	Organic Matter %	Exchangeable Cations cmol(+)/kg soil					TEB	Exch. Acidity (Al+H)	ECEC cmol(+)/kg soil	Base Sat. %	Available	
						Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	mg/kgP					mg/kgK	
0	Ap	5.3	0.87	0.07	1.50	2.6	2.0	0.10	Trace	4.70	0.4	15.10	92	4.4	145	
1	BA	4.7	1.15	0.07	1.98	1.4	0.8	0.03	A	2.23	0.8	3.03	74	1.9	108	
5	Bt1	4.2	0.55	0.06	0.95	1.4	0.4	0.03	@	1.83	0.8	2.63	70	0.6	103	
4	Bt2	4.2	0.50	0.06	0.86	1.0	0.8	0.04	A	1.84	1.2	3.04	61	0.2	114	
40	Bt3	3.9	0.36	0.07	0.62	1.0	0.2	0.02	@	1.22	1.2	3.42	50	0.6	103	
180	C	3.9	0.43	0.07	0.74	0.8	0.6	0.02	A	1.42	0.3	1.72	83	0.2	103	

Depth (cm)	Horizon	Mechanical Analysis			Texture	Silt + Clay	Clay Activity
		Sand	Silt	Clay			
0 - 10	Ap	76.5	18.5	5.0	Sandy loam	0.8	102
10 - 21	BA	59.5	21.5	19.0	Sandy loam	0.5	16
21 - 55	Bt1	55.1	23.4	21.5	Sandy clay loam	0.6	12
55 - 94	Bt2	44.5	19.5	36.0	Clay loam	0.4	8
94 - 140	Bt3	39.5	17.5	43.0	Clay	0.3	8
140 - 180	C	23.1	27.9	49.0	Clay	0.4	4

## REFERENCES

- Adu, S.V.** 1992. *Soils of the Kumasi Region, Ghana*. Memoir No.8. SRI. Kumasi.
- Adu, S.V.** 1995. *Soils of the Nasia River Basin, Northern Region, Ghana*. Memoir No. 11, SRI, Kumasi.
- Agyili, P. Ayanga, T. & Tetteh, F.M.** 1993. *Report on the detailed soil survey of the Mampong-Ashanti, Agricultural Research Station, SRI Technical Report No. 172, Kumasi.*
- Ahn, P.M.** 1961. *Soils of the Lower Tano Basin, South-Western Ghana*. Memoir No.2, SRI, Kumasi.
- Asiamah, R.D.** 1984. *Report on the detailed soil survey of the Angaw Basin Irrigation Project Area, Sogakope, Volta Region, Technical Report No. 173, SRI, Kumasi.*
- Asiamah, R.D., Adjei-Gyapong, T. & Kitson, J.E.C.** 1993a, *Report on the detailed soil survey and land evaluation of Babile Agricultural Research Station - Upper West Region*. SRI Technical Report No. 161, Kumasi.
- Asiamah, R.D., Mensah, C.A. & Nyantakyi, P.O.** 1993b. *Report on the detailed soil survey and land evaluation of Wenchi Agricultural Research Station, Brong Ahafo Region*. SRI Technical Report No. 171, Kumasi.
- Asiamah, R.D., Senayah, J.K. & Adjei-Gyapong, T.** 1996. *Ethno-pedological surveys in the semi-arid savanna zone of Northern Ghana*. An ILEIA initiated project - SRI Technical Report No. 185, Kumasi.
- Asiamah, R.D.** 1999. *Plinthite and conditions for its hardening in agricultural soils in Ghana*.
- Asiamah, R.D. Adjei-Gyapong, T., Yeboah, E. Fening, J.O., Ampontuah, E.O. & Gaisie, E.** 2000. *Soil characterization and evaluation of four primary cassava multiplication sites (Mampong, Wenchi, Asuansi and Kpeve) in Ghana*. SRI Technical Report No. 200, Kumasi.
- Brammer, H.** 1962. *Soils: In Agriculture and Landuse in Ghana*. J.B Wills ed., Oxford University Press London , Accra, New York. Pp 88-126.
- Driessen, P.M. & Dudal, R.** (eds). 1991. *The major soils of the World* . Lecture notes on their geography, formation, properties and use - Wageningen Agricultural University, Katholieke Universiteit, Leuven
- Dwomo, O. & Asiamah, R.D.** 1993. *Detailed soil survey of the Asuansi Agricultural Research Station*. SRI Technical Report No. 173, Kumasi.
- Dwomo, O.** 1998. *Variations in soil physico-chemical properties - A case study for the reclassification of soils developed on Tarkwaian rocks in the High Rainfall Forest and moist semi-deciduous forest zones of Ghana*. M.Phil Thesis (Unpublished) Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi.
- FAO.** 1988. *FAO/Unesco Soil Map of the World Revised legend, with corrections*. World Soil Resources Report 60. Rome. ( Reprinted as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen, 1994).
- ISSS/ISRIC/FAO.** 1998. *World Reference Base for Soil Resources*. World Soil Resources Report 84, FAO, Rome.
- Jenny, H.** 1941. *Factors of soil formation*. (McGraw Hill, New York. E.M. Bridges and D.A. Davidson eds. ) 216-255, Longman Group Ltd.
- Obeng, H.** 1971. *Soil Map of Ghana* (Map) SRI, Kumasi.
- Senayah, J.K., Adjei-Gyapong, T. & Asiamah, R.D.** 1998. *Soils of the Busa Agricultural Station near Wa in the Upper West Region*. SRI Technical Report No. 191, Kumasi.

- Soil Survey Staff.** 1975. *Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
- Soil Survey Staff.** 1992. *Keys to Soil Taxonomy* (sixth edition, 1994). US Department of Agriculture.
- Soil Survey Staff.** 1993. *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture Handbook No. 18 (revised ed.) USDA.
- Vine, H.** 1966. *Tropical soils*. In *Agriculture in the Tropics* (eds. C.C. Webster and P.N. Wilson- 1<sup>st</sup> Edition) Longmans, London.
- Webster, C.C. & Wilson, P.N.** 1980. *Agriculture in the Tropics*. English Language Book Society and Longman Group Ltd.

# Les grands types de sols du Sénégal

## RÉSUMÉ

Les sols les plus représentatifs du Sénégal sont décrits morphologiquement et analytiquement et la distribution spatiale et les contraintes de mise en valeur agricole sont indiquées. Les avantages et inconvénients des différents systèmes de classification sont en outre examinés. Il en ressort que la Base de référence mondiale (BRM) dispose de critères précis qu'il faut retrouver sur le terrain ou à l'issue d'analyses pour pouvoir situer un profil par rapport à la référence. Une tentative de corrélation est également faite avec la BRM. Les sols décrits peuvent avoir une correspondance non univoque, et posent quelques difficultés quant à la quantification de certains paramètres. La présentation des grands types de sols permet d'identifier douze types de sols assez bien représentés au Sénégal. Cette situation simplifiée a l'avantage d'offrir aux non spécialistes une vue claire des sols du Sénégal sans rentrer dans des nuances qui ne sont pas toujours faciles à saisir. Ceci ne doit cependant pas faire oublier que la réalité est plus complexe, car plus de cinquante unités ont été décrites dans la légende de la Carte pédologique du Sénégal au 1/1000 000.

## INTRODUCTION

Le Sénégal est situé à la pointe extrême occidentale de l'Afrique, à l'intérieur des coordonnées géographiques suivantes: 12° 10' - 17° 30' de longitude O, 12° 20' - 16° 40' de latitude N.

Le pays est limité par la Mauritanie au nord, le Mali à l'est; la Guinée et la Guinée-Bissau au sud, l'Océan Atlantique à l'ouest. La Gambie constitue une enclave de l'ordre de 15000 km<sup>2</sup> le long du fleuve Gambie.

## DESCRIPTION DES SOLS DOMINANTS

Les grands types de sols du Sénégal sont:

- Les sols minéraux bruts de cuirasse sur schiste (2,4 pour cent);
- Les sols minéraux bruts de cuirasse sur grès argileux (8,1 pour cent);
- Les sols gravillonnaires sur cuirasse (11,6 pour cent);
- Les sols brun-rouge subarides sur sable (14,2 pour cent)
- Les sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés sur sable (Dior, 20 pour cent);
- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur grès sablo-argileux (17,2 pour cent);
- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés cuirassés sur schiste (12,4 pour cent);
- Les sols faiblement ferrallitiques sur grès sablo-argileux (6,2 pour cent);
- Les sols halomorphes sur alluvions argileuses (1,9 pour cent);
- Les sols hydromorphes sur argile de décantation (0,2 pour cent);

*Mamadou Khouma*  
*ISRA CNRA de Bambey*

Les sols hydromorphes sur argile (3,3 pour cent);  
Les sols sulfatés acides sur sable (2,5 pour cent).

Les profils décrits proviennent des études de Chauvel, A. (1967), FAO (1975), Kaloga, B. (1966), Maignien, R. (1965), FAO- PNUD-OMVG (1986,1987, 1988) et du Projet RAF 82/047.

### **Sols minéraux bruts d'érosion sur schistes**

On retrouve ces sols sur les affleurements de schistes localisés sur certaines pentes fortes (colline de N'débou, bordure du massif de Mali).

### **Sols minéraux bruts de cuirasse sur grès argileux**

Les cuirasses qui sont des témoins de la surface Eocène et du relief intermédiaire correspondent aux sommets tabulaires de quelques collines d'altitude supérieure à 380 mètres (collines de Bandafassi, de N'débou et de Lakanta). Ces cuirasses présentent parfois les caractéristiques d'une évolution ferrallitique (altération en "pain d'épice"). Elles sont généralement fortement démantelées. La grande majorité des surfaces cuirassées semble être constituée par les matériaux résiduels du Moyen glaciaire. Les cuirasses y forment, le plus souvent, de vastes zones planes où la surface du sol est jonchée de gravillons et de nombreux blocs et pierres de cuirasse épars, produit de leur démantèlement superficiel. La cuirasse est souvent ferrugineuse, massive, à induration forte, constituée essentiellement par un squelette rouge sombre ou brun-rouge, parfois à taches noires et cimentant de nombreux gravillons ferrugineux: elle est qualifiée de type ancien. Le type subactuel est une cuirasse à carapace ferrugineuse à squelette rouille à rouge, anastomosé, à inclusion de terre fine argileuse jaune clair cheminée par les termites (Chauvel, 1967). Il s'agit de sols squelettiques sur grès et quartzites

### **Sols gravillonnaires sur cuirasse**

Les sols sur matériau gravillonnaire font partie des sols les plus représentés dans le sud-est du Sénégal. Ces sols gravillonnaires s'intercalent entre les zones cuirassées dont il n'est pas toujours facile de les séparer dans une représentation à grande échelle (Khouma, 1995). Les matériaux gravillonnaires sont très hétérogènes. En fonction des recouvrements superficiels, de la proportion de terre fine et de l'épaisseur, on peut observer:

- des sols essentiellement gravillonnaires;
- des sols gravillonnaires à recouvrement sableux;
- des sols gravillonnaires plus ou moins argilo-sableux et à recouvrement sableux.

Ils reposent sur une cuirasse qui constitue la source des gravillons. Kaloga définit le gravillon comme étant « des débris de cuirasse ou de carapace ferrugineuse, souvent émoussés ou arrondis, de la taille des graviers et d'origine allochtone certaine ». Le terme concrétion est réservé aux éléments ferrugineux et (ou) manganifères individualisés en place tandis que l'appellation gravier est réservée aux éléments non ferrugineux.

### **Description d'un sol gravillonnaire (Oussoukala)**

Surface gravillonnaire parsemée de nombreuses pierres de cuirasse.

0- 9 cm	Couleur gris-beige, horizon humifère–gravillonnaire, à terre fine sablo-argileuse, ensemble très hétérogène, structure de la terre fine, polyédrique, petite, bien développée, porosité très forte, nombreuses et fines racines.
29-80 cm	Couleur beige-rouge, très gravillonnaire, terre fine sablo-argileuse, carapace ferrugineuse cimentant irrégulièrement les gravillons, nombreux cailloux de cuirasse. L'ensemble, très vacuolaire, présente une cohésion variable et peut facilement être attaqué au piochon. Aspect stratifié, plus ou moins festonné. Présence de racines fortement contournées.
80–100 cm	Niveau de carapace, très gravillonnaire, à terre fine argilo-sableuse, à structure polyédrique. Quelques passées de cailloux de quartz cimentés par la carapace

### **Résultats d'analyses: sol gravillonnaire (Oussoukala)**

- La proportion de terre fine est très variable. Elle est plus élevée en surface (30 à 50 pour cent), plus réduite dans le deuxième horizon (25 à 45 pour cent) et légèrement croissante dans le troisième (40 à 50 pour cent).
- La texture de la terre fine est sablo–argileuse, sablo–limoneuse ou argilo-limoneuse en surface, puis argilo-sableuse, argilo-limoneuse ou argileuse en profondeur.
- La capacité d'échange est toujours maximum dans l'horizon de surface: elle varie de 3 à 10 méq pour 100 g de terre fine, de l'ordre de 3 à 7 méq dans les deuxième et troisième horizons.
- Le taux de saturation est proche de 100 en surface.
- Le pH dans l'horizon de surface est compris entre 6 et 7.
- La teneur en matière organique est généralement élevée en surface (supérieure à 2 pour cent dans la plupart des cas), avec un rapport C/N voisin de 13.
- La teneur en azote est de l'ordre de 1 pour mille en surface.
- La teneur en phosphore total est comprise entre 0,5 et 1,2 pour mille dans l'horizon de surface.

### **Sols brun-rouge subarides sur sable**

Ce sont des sols formés sur les dunes ogoliennes. Ils présentent une couleur rouge uniforme sur tout le profil avec une teneur en matière organique faible mais homogène sur une bonne partie du profil. La teneur en éléments fins est également faible. Leur complexe absorbant est fortement saturé. Ils sont très sensibles à l'érosion éolienne lorsqu'ils sont dénudés.

### **Description d'un sol brun-rouge subaride (Fanaye Diéri)**

0-40 cm	Sec sur 2 cm et devenant frais en profondeur; brun grisâtre; humifère; texture très sableuse à sables fins; grains de quartz roses et hyalins; structure fondue; cohésion faible; porosité d'ensemble bonne; radicules fines. Passage progressif à l'horizon suivant
40-56 cm	Humide; brun légèrement rougeâtre; apparemment légèrement humifère; horizon de transition; texture très sableuse; structure fondue; cohésion faible; porosité assez bonne; quelques radicules. A partir de 56 cm, passage brutal à un matériau sec assez cohérent et de couleur brun–rouge.

56–150 cm Sec; brun rougeâtre; texture sableuse à sables fins avec grains de quartz roses, hyalins, structure massive large et ferme; cohésion forte; porosité moyenne à faible; quelques grosses racines.

**Résultats d'analyses: sol brun-rouge subaride (Fanaye Diéri)**

Profondeur ( cm)	0-10	10-40	40-56	56-150
Argile	4,8	10,2	12,2	8,4
Limon fin	1,3	0,8	0,8	1,3
Limon grossier	4,8	2,5	2,5	2,5
Sable fin	47,1	39,3	38,6	39,4
Sable grossier	41,6	46,6	45,6	48
Matière organique	0,3	0,3	-	-
C ‰	1,48	1,52	-	-
N ‰	0,12	0,13	-	-
C/N	12,3	11,7	-	-
pH eau ½,5	7,6	7,5	7,4	8
pH KCL	5,5	5,3	5,5	5,7
Ca <sup>++</sup>	1,74	1,88	2,20	1,94
Mg <sup>++</sup>	-	1,10	1,58	2,04
K <sup>+</sup>	0,11	0,12	0,15	0,12
Na <sup>+</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
S	1,87	3,16	3,95	4,12
T	1,89	3,53	3,57	3,58
S/T pour cent	98,9	89,5	-	-
Fer total Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> pour cent	1,10	1,55	1,75	1,43
Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> pour cent	0,64	0,94	0,68	1,00

**Sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés sur sable (Dior)**

On les rencontre majoritairement sur l'ancien erg du Cayor et dans quelques plaines. 'Dior' signifie étendue de sable en Ouolof. Ces sols se caractérisent par une texture sableuse comprenant plus de 95 pour cent de sables totaux. Ils ont une structure particulière devenant fondue à sec. Leur teneur en carbone est très faible (0.20 pour cent en moyenne) de même que leur teneur en azote total (0.15 pour mille en moyenne) et en bases échangeables (0.7 méq/100g pour Ca, 0.04 pour K et 0.5 pour Mg). Ils ont un pH entre 5,4 et 6,1, et un faible pouvoir tampon.

Lors du dessèchement, il se produit une prise en masse qui rend difficile tout travail du sol avec les moyens traditionnels de traction. Leur capacité de rétention en eau est faible. Les teneurs en eau utile des horizons de surface sont de l'ordre de 4,5 pour cent contre 6 pour cent pour les horizons de profondeur. La kaolinite est le type d'argile dominant. La coloration rouge en profondeur est due à un certain lessivage du fer.

Ils se caractérisent aussi par leur mauvaise structure qui les rend peu perméables lorsqu'ils sont gorgés d'eau sur les premiers centimètres. Ils sont sensibles à l'encroûtement.

Les sols Dior situés en position d'interdunes sont le siège d'accumulation de matériaux d'origine éolienne et hydrique, constitués de sable, d'argile et de limon et se singularisent par une couleur gris-blanc dominante.

***Description d'un sol ferrugineux tropical faiblement lessivé sur sable (Bambey)***

Sole I Nord CNRA de Bambey, sommet de dune

- 0-20 cm Horizon de couleur 10 YR 7/4, brun très pâle à sec, sans taches, assez riche en matière organique bien décomposée, la texture sableuse à sable fin sans structure ou massive, transition distincte et régulière, consistance rigide, non plastique; peu cimenté, pores communs et fins, tubulaires, sans orientation dominante. Racines nombreuses de petite taille dans la masse de l'horizon; nombreuses galeries d'insectes.
- 20-60 cm Horizon de couleur 10 YR 8/3, brun très pâle à sec, sans taches, assez riche en matière organique bien décomposée, de texture sableuse, à sable fin sans structure ou massive, transition distincte et régulière, consistance rigide, non plastique, peu cimenté, pores communs, fins, tubulaires, sans orientation dominante. Quelques racines fines dans la masse de l'horizon, quelques débris de poterie et de charbon de bois, galeries d'insectes.
- 60–100 cm Horizon de couleur 10 YR 6/3, brun pâle à sec, avec des traînées plus ou moins horizontales de couleur 7,5 YR 5/6, brun vif à limite nette, pauvre en matière organique, de texture sableuse à sable fin, structure massive, rigide non plastique, transition distincte et régulière, peu cimenté, pores communs, fins, tubulaires, sans orientation dominante, quelques débris de poterie et charbon de bois; pas de racine, quelques galeries d'insectes.
- 100–175 cm Horizon de couleur 7,5 YR 6/6, jaune rougeâtre, à sec, traînées plus ou moins horizontales de couleur 7,5 YR 5/6, brun vif à limite nette, structure massive, transition distincte et régulière, semi-rigide, non plastique, peu cimenté, pores communs, fins, tubulaires et sans orientation dominante; pas de racine, quelques débris de poterie et galeries d'insectes.
- 175–235 cm Horizon de couleur 7,5 YR 6/6 jaune rougeâtre, à sec; traînées plus ou moins horizontales de couleur 7,5 YR 5/6, brun vif à limite nette, pauvre en matière organique, de texture sableuse à sable fin, structure massive, consistance rigide, peu cimenté, peu friable, pores communs, fins, tubulaires et sans orientation dominante, des débris de poterie, des nodules ferrugineux fréquents, pas de racine.

***Résultats analytiques: sol ferrugineux tropical faiblement lessivé sur sable (Bambey)***

Profondeur (cm)	0-20	20-60	60-100	100-175	175-235
Argile	3,3	5,3	5,3	5,3	3,8
Limon	1,5	2,8	2,5	2,5	1,8
Sable fin	4,1	4,4	4,1	3,6	3,3

Sable moyen	70,8	64,5	66,6	68,5	69,5
Sable grossier	19,8	22,7	21,3	20,1	21,7
C ‰	2,24	2,14	2,01	2,17	1,61
N ‰	0,19	0,19	0,16	0,12	0,07
C/N	11,8	11,3	12,6	18,1	23,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total pour cent	0,180	0,210	0,160	0,205	0,130
pH eau ½,5	5,4	5,5	5,5	5,8	6,1
pH KCL	4,4	4,2	4,2	4,5	5,0
Ca <sup>++</sup>	0,7	1,2	0,9	1,5	1,09
Mg <sup>++</sup>	0,2	0,5	0,5	0,7	0,3
K <sup>+</sup>	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03
Na <sup>+</sup>	0,006	0,006	0,02	0,02	0,02
S	0,95	1,81	1,45	2,26	1,44
T	1,75	2,6	2,0	2,35	1,45
S/T pour cent	54	70	73	96	99

### Sols ferrugineux tropicaux lessivés sur grès sablo-argileux

On les rencontre sur les plateaux et versants dans la moitié sud du pays. Ils peuvent être de couleur rouge ou beige. Ils présentent un horizon d'accumulation d'argile. La présence de taches et concrétions ferrugineuses est fréquente. Ils peuvent aussi être indurés. La kaolinite reste le type d'argile dominant. Ils sont souvent déficients en phosphore assimilable.

Ces sols sont largement représentés dans le Niombato, au nord et au sud de Kaffrine et au sud de Goudiry jusque vers Dialakoto au S.E. Ce sont des sols très caractéristiques qui se sont développés sur les entailles du Continental Terminal. Ils sont très largement exploités en vue de la culture de l'arachide. Ils correspondent aux anciennes « terres neuves » du Sénégal.

Exemple observé près du village de Hanene (Laghem oriental), modelé doucement vallonné, mi-pente d'un glacis se raccordant à un bas-plateau; pente 2-3 pour cent; savane parc à *Cordyla africana*, jachère à arachide.

#### Description d'un sol ferrugineux tropical lessivé sur grès sablo-argileux (Hanene)

0-25 cm	Gris-brun sableux; structure nuciforme un peu anguleuse, légèrement durcie, peu stable; poreux.
25-50 cm	beige grisâtre; sableux; structure peu développée à tendance nuciforme; lessivé.
50-85 cm	beige, légèrement rougi; sableux; structure peu développée, particulière; assez poreux; lessivé.
85-155 cm	beige plus clair; sablo-argileux; structure à tendance polyédrique massive, pseudo-sableux; porosité relativement bonne; légère ségrégation du fer vers le bas de l'horizon, sous forme de taches diffuses et de marbrures ocre-rouille.

- 155–210 cm beige jaunâtre, très clair; sablo-argileux; taches ferrugineuses bien individualisées, peu nombreuses, légèrement durcies, se coupant à l'angle; structure fondue
- > 210 cm sables argileux jaunâtres (Continental Terminal).

**Résultats analytiques: sol ferrugineux tropical lessivé sur grès sablo-argileux (Hanene)**

Profondeur (cm)	0-25	50-85	85-155	155-210
<b>GRANULOMÉTRIE (%)</b>				
Sable grossier	30,2	30,6	28,6	27,7
Sable fin	61,4	57,5	46,9	48,5
Limon	3,5	2,3	2,7	3,7
Argile	3,3	8,0	19,8	16,5
Matière organique	0,74	0,19	-	-
<b>MATIÈRE ORGANIQUE (‰)</b>				
Carbone	4,3	1,1	-	-
Azote	0,27	0,09	-	-
C/N	15,9	12,2	-	-
<b>BASES ÉCHANGEABLES (%)</b>				
Ca méq	1,6	0,7	0,9	0,75
Mg méq	0,5	0,4	0,6	0,4
K méq	0,11	0,09	0,09	0,11
<b>ACIDE PHOSPHORIQUE TOTAL (‰)</b>				
	0,43	0,29	0,27	0,34
pH eau	6,6	6,5	5,5	5,8

**Sols ferrugineux tropicaux lessivés cuirassés sur schiste**

Ils sont très largement représentés à l'est du Sénégal. Ils ont des caractères d'hydromorphie très prononcés et sont associés à des cuirasses de bas de pente, formant de vastes glacis abritant très peu d'arbres.

**Sols faiblement ferrallitiques**

Ces sols se sont formés sur le matériau sablo-argileux du Continental Terminal et se caractérisent par leur couleur rouge uniforme, une faible capacité d'échange cationique et l'homogénéité du profil. Ils sont pauvres en limons et riches en fer et alumine libre. Les propriétés physiques de ces sols sont généralement bonnes avec une grande profondeur et une structure finement polyédrique. La teneur en matière organique sous forêt peut atteindre 2.1 pour cent, mais dès qu'ils sont mis en culture, celle-ci décroît pour se stabiliser autour de 1 pour cent (Fauk *et al.*, 1969).

**Description d'un profil de sol faiblement ferrallitique (Kounayan)**

- 0-8 cm 7,5 YR 4/4, brun foncé; sec sans taches; à matière organique non directement décelable; aucune effervescence; sans éléments grossiers; texture sableuse à sables grossiers siliceux; structure d'ensemble massive avec en surface une

structure feuilletée due à l'action hydrique; porosité tubulaire fine, bonne; matériaux à consistance rigide, non plastique et non collant; assez friable; chevelu racinaire; horizon labouré; activité biologique forte; quelques morceaux de charbon. Passage diffus à

8-20 cm 2,5 YR 4/4, brun rougeâtre, sec; sans taches; à matière organique non directement décelable; sans effervescence; sans éléments grossiers; texture sableuse légèrement argileuse à sables grossiers siliceux ferruginisés et hyalins; structure massive à débit peu aisé, polyédrique grossier; porosité tubulaire fine bonne; matériau à consistance rigide non plastique et collant; chevelu racinaire; horizon labouré; activité biologique moyenne. Passage graduel à

20-50 cm 2,5 YR 3.5/6, rouge foncé, sec; sans taches; sans éléments grossiers; sans efflorescence; texture sablo-argileuse à sables grossiers siliceux; structure d'ensemble massive à débit peu aisé, polyédrique grossier subanguleux; cohésion forte, porosité tubulaire bonne; matériaux peu plastiques et peu collants; activité biologique moyenne. Passage graduel à

50-105 cm 2,5 YR 4/6, rouge, légèrement frais; sans tache; sans éléments grossiers; texture sablo-argileuse à argilo-sableuse; à sables grossiers siliceux, structure massive bien nette à débit peu aisé polyédrique subanguleux grossier, cohésion plutôt forte, porosité tubulaire fine, moyenne à faible; horizon compact, apparition de nodules argileux à la base de l'horizon; matériaux plastiques et collants; activité biologique moyenne. Passage graduel à

105-170 cm 10 R 4/6 rouge, légèrement frais; sans tache; sans éléments grossiers, texture argilo-sableuse à sables grossiers siliceux ferruginisés et hyalins, structure d'ensemble massive à sous-structure polyédrique subanguleuse grossière; cohésion forte à moyenne, très forte au niveau des nodules argileux; porosité moyenne; matériaux plastiques et collants; activité biologique moyenne.

**Résultats d'analyses: sol faiblement ferrallitique (Kounayan)**

Profondeur (cm)	0-8	8-20	20-50	50-105	105-170
Argile	13,7	14,2	26,2	45,0	42,7
Limon fin	2,0	4,8	5,8	2,8	2,8
Limon grossier	7,9	6,9	6,4	3,5	4,4
Sable fin	34,8	32,5	27,7	19,7	21,3
Sable grossier	39,8	40,6	32,0	23,8	25,7
Matière organique	1,5	0,8	0,7		
C ‰	9,6	4,4	4,2		
N ‰	0,64	0,41	0,41		
C/N	13,4	10,7	10,2		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰	0,16	0,13	0,18		
pH eau 1/2,5	6,2	6,0	5,1	5,0	5,1
pH KCL	5,2	4,5	4,0	4,2	4,3
Ca ++	1,94	0,74	0,24	0,58	0,46

Mg <sup>++</sup>	1,22	0,78	0,50	0,58	0,44
K <sup>+</sup>	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03
Na <sup>+</sup>	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
S	3,25	1,55	0,79	1,21	0,95
T	3,78	3,17	3,87	4,45	2,58
S/T %	86	49	20	27	37
Fer total Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	1,63	1,88	2,94	4,63	4,75
Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	1,15	1,50	2,35	3,80	4,15

### Sols halomorphes

Ce sont des sols formés sur alluvions deltaïques. Ils sont argileux et ils présentent aussi des caractéristiques hydromorphes. Ils sont marqués par de fortes teneurs en sels solubles qui précipitent en surface en saison sèche.

#### *Description d'un profil de sol halomorphe (Kassack nord)*

0-5 cm	Sec; 10 YR 5/1,5; gris à brun-gris, quelques fines taches d'hydromorphie de couleur rouille, localisées dans les pores racinaires, dans la masse de l'horizon, noyaux de couleur gris-noir, plus argileux; fines plages verticales plus beiges sur les faces des éléments structuraux; limon argileux (clay loam), structure polyédrique moyenne, surstructure prismatique grossière; fortement poreux (porosité horizontale semi-fermée).
5-12 cm	Presque sec; couleur plus sombre, augmentation du nombre et de la taille des taches de réoxydation; argilo-limoneux; structure polyédrique moins développée et plus grossière; faiblement poreux;
12-24 cm	Frais; 10 YR 6/1,5; gris léger; nombreuses taches rouilles; fines traînées noires liées à d'anciennes racines; limono-argileux; structure massive à débit polyédrique; surstructure prismatique; porosité fine, faible.
24-37 cm	Légèrement humide; 10 YR 3,5/1; gris sombre, nombreuses petites plages jaune-rouge; quelques traînées noires le long de pores racinaires; argileux; structure massive à tendance polyédrique moyenne; assez forte porosité tubulaire fine et moyenne.
37-48 cm	Humide; très taché de jaune et de rouge par grandes plages, sableux; structure massive;
48-80 cm	Humide, taché; sablo-limoneux;
80-103 cm	Humide; teinte de fond claire; nombreuses taches rouge vif constituant des noyaux de quelques cm, plus consistants que le reste de l'horizon; assez nombreux 'ironpipes'; sablo-limoneux
103-132 cm	Humide; alternance de lits argileux et de lits très sableux; taché, 'ironpipes'.
132-155 cm	Très humide; nombreuses taches de jarosite, nombreuses taches ocres associées; limono-argileux, pas de structure.

155-170 cm Très humide; gris-noir; quelques rares taches; argilo-limoneux; pas de structure; plastique; collant; à partir de 210 cm, le profil est sableux.

**Résultats d'analyses: sol halomorphe (Kassack nord)**

Profondeur (cm)	0-5	5-12	12-24	24-37	37-48	50-60	60-70
Argile	27,4	34	32	44,7	6,4	7,3	5,1
Limon fin	13,7	14,2	16,3	20,3	1,3	7,9	6,4
Limon grossier	28,3	24,2	23	16,8	3,6	31,3	24,1
Sable fin	22,8	18,8	21,7	11,1	82,0	32,2	42,9
Sable grossier	0,6	0,3	0,4	0,2	0,4	2,4	2,5
Matière organique	1,7	2,2	0,4	0,5	0,1	0,3	0,3
C ‰	10	12,8	2,4	2,7	0,6	1,7	1,7
N ‰	0,74	1,1	0,3	0,34	0,08	0,17	0,18
C/N	13,5	12	8,3	7,9	7,5	10	9,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰	0,26	0,29	0,28	0,29	0,07	0,14	0,13
pH eau ½,5	5,5	5,5	6,2	5,8	5,0	5,0	-
pH KCL	5,0	4,9	5,1	4,8	4,3	4,3	-
Ca <sup>++</sup>	3,9	4,0	2,7	3,7	0,6	1,8	2,4
Mg <sup>++</sup>	6,6	7,0	5,3	9,1	1,4	4,2	4,0
K <sup>+</sup>	0,4	0,45	0,4	0,65	0,05	0,2	0,25
Na <sup>+</sup>	2,2	1,6	1,5	3	-	1,2	1,15
S	13,1	13	9,9	17	2,05	7,4	7,8
T	17,1	16,2	11,2	17	2,75	8,3	7,5
S/T %	76	80	88	100	74	89	> 100
Na/T %	13	10	15	17	-	14,5	15
Conductivité E,S, dS/m	27	12,9	6,5	6,83	4,95	11,8	-

**Sols hydromorphes**

Cette classe regroupe tous les sols dont l'évolution est dominée par la présence d'un excès d'eau par suite, soit d'un engorgement temporaire, de profondeur ou d'ensemble, soit de la présence ou de la remontée d'une nappe phréatique.

**Sols hydromorphes minéraux à pseudogley sur alluvions argileuses diverses**

Ces sols se sont développés dans les zones inondables bordant les grands cours d'eau et leurs affluents. Dans la vallée de la Gambie, les alluvions ont une texture argileuse (taux d'argile variant de 40 à 60 pour cent) combinée à une forte teneur en limon (de 20 à 30 pour cent). La teneur en matière organique, la capacité d'échange cationique et les bases échangeables sont relativement faibles. Le pH est bas. Les sols ont l'avantage d'être profonds, mais le manque de maîtrise des conditions de submersion constitue un facteur limitant majeur.

**Description d'un sol hydromorphe (Fanaye)**

0–12 cm	Frais; brun; apparemment humifère, quelques taches brun-ocre; texture argilo-sableuse; structure fragmentaire polyédrique moyenne à tendance fondue; cohésion faible; microporosité apparemment bonne; radicelles fines; quelques morceaux de charbon de bois.
12–35 cm	Frais à humide; brun légèrement foncé; apparemment non humifère; taches brunâtres foncées accompagnées de quelques concrétions ocre-noir assez dures; texture argilo-sableuse; structure fondue à tendance polyédrique moyenne; cohésion faible; microporosité d'ensemble assez bonne; quelques radicelles fines. Passage progressif à l'horizon suivant.
35–80 cm	Humide; brun légèrement foncé; horizon identique au précédent mais renfermant plus de taches ocres et de concrétions noires; pas de racine. Vers 80 cm, on passe brutalement à un support très sableux (à sables blancs fins) sec.
80–120 cm	Sec; horizon très sableux à sables blancs fins entachés de larges plages brun-ocre, ça et là des gaines ferrugineuses fossilisant des racines; texture très sableuse; structure particulière à tendance massive; horizon drainant; pas de racines actuelles.

**Résultats d'analyses: sol hydromorphe (Fanaye)**

Profondeur (cm)	0-12	12-35	35-80	80-120
Argile	38,9	45,5	44,7	3,3
Limon fin	10,7	10,9	9,9	
Limon grossier	6,1	3,7	3,7	0,1
Sable fin	21,5	21,2	23,3	67,0
Sable grossier	19,3	13,0	13,3	29,0
C ‰	2,88	2,48		
N ‰	0,32	0,29		
C/N	9,0	8,6		
pH eau ½,5	7,0	6,6	6,3	7,3
pH KCL	5,0	4,7	4,5	5,2
Ca ++	8,90	9,40	9,18	0,56
Mg ++	5,76	7,82	6,92	0,26
K +	0,36	0,22	0,13	0,02
Na +	0,08	0,06	0,05	0,02
S	15,10	17,50	16,28	0,86
T	14,34	17,59	20,23	1,08
S/T pour cent	99,5	80,5	79,6	98,9
Fer total Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	4,60	5,20	5,00	0,40
Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	2,65	3,20	2,75	0,18

### Sols hydromorphes minéraux à pseudogley sur argile de décantation

Ils sont marqués par une hydromorphie à pseudogley avec des taches et concrétions. Certaines propriétés verticales sont présentes dans le profil. Les sols sont profonds et localisés dans les zones les plus basses de la dépression.

#### *Description d'un sol hydromorphe sur argile de décantation (vallée de l'Anambé)*

0–20 cm	Couleur à sec (10YR 6/1), humide (10YR 5/1); texture limono-argileuse; structure polyédrique; compact; présence de taches et concrétions; nombreuses racines; faune abondante; contour peu net; mauvais drainage; porosité fine; fentes de 2 cm de large distantes de 10 à 30 cm, transition distincte et régulière.
20–30 cm	Couleur à sec (2,5 Y 6/2), humide (2,5 Y 5/2); texture argileuse, structure massive; compact; nombreuses taches et concrétions, peu de racines; faible activité faunistique; porosité fine.

#### *Résultats d'analyses: sol hydromorphe sur argile de décantation (Anambé)*

Profondeur (cm)	0-20	20-130
Argile	33,10	43,6
Limon	52,66	20,74
Sable	14,14	35,70
C %	0,62	0,37
N ‰	0,59	0,22
C/N	11	17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass, ‰	0,037	0,012
pH eau 1/2,5	5,69	6,35
pH KCL	4,26	4,69
Ca <sup>++</sup>	7,60	13,70
Mg <sup>++</sup>	2,00	1,80
K <sup>+</sup>	0,16	0,17
Na <sup>+</sup>	0,10	0,04
S	9,86	15,71
T	13,20	17,75
S/T %	75	89

### Sols sulfatés acides

Ce sont des sols de mangrove et de tannes (zones hypersalées et dénudées) appelés aussi sols sulfatés acides, dont la genèse est orientée par les différentes transformations du soufre contenu dans ces sols.

Les sols de mangrove dans leur acception la plus large comprennent tous les sols fluvio-marins dont la pédogénèse est dominée par les transformations du soufre. La nature et l'importance des différentes formes du soufre dans ces sols donnent une indication sur leur

degré d'évolution. Quel que soit ce degré d'évolution, les sols de mangrove du Sénégal sont tous affectés par une salinité variable dont la sévérité décroît du nord au sud du pays en concordance avec le gradient pluviométrique. La salinité a sans doute les effets les plus marquants mais elle coexiste avec d'autres facteurs limitants telles que la toxicité aluminique et ferreuse, l'acidité et la déficience en éléments nutritifs.

Les mangroves constituent une écologie particulièrement favorable à la riziculture traditionnelle. La riziculture de mangrove est l'une des plus performantes en Afrique de l'Ouest, toutes choses étant égales par ailleurs. Jusque dans les années soixante, la salinité chlorurée sodique était considérée comme étant la principale contrainte des sols de mangrove. Il aura fallu l'échec des grands projets, basés uniquement sur un drainage profond de ces sols, pour attirer l'attention des scientifiques sur la nécessité d'une meilleure connaissance sur leur genèse.

### ***Description d'un sol sulfaté acide (Tobor)***

Cuvette de tanne

- |            |   |
|------------|---|
| 0–3 cm     | Frais: brun pâle (10YR 6/3); très nombreuses taches jaune-brun (10 YR 6/6) de forme diffuse; aucune autre tache; argilo–limoneux; structure particulière nette; croûte saline friable en surface; pas de racines; activité biologique faible. Transition nette et régulière.  |
| 3–12 cm    | Humide: gris (10 YR 5/1); très nombreuses taches rouge jaunâtre peu étendues, associées aux racines; taches noires (2,5 Y N/4) sur les parois des fentes; argilo–limoneux; structure fragmentaire nette à éclats émoussés, moyenne et grossière et à surstructure grenue, fine quand sec; fentes de 0,1 cm de large sur toute l'épaisseur de l'horizon; agrégats à pores nombreux, très fins et fins, tubulaires, horizontaux; matériau à consistance semi–rigide, très friable, très fragile; chevelu racinaire important, activité biologique forte. Transition nette et régulière.                       |
| 12–75 cm   | Humide: 5 YR 5/1; très nombreuses taches jaunâtres (2,5 Y 8/6) à (10 YR 7/4) en traînées verticales le long d'anciennes traces de grosses racines de palétuviers; texture idem; structure prismatique, grossière et très grossière, nette; macroporosité élevée due aux fentes sur toute l'épaisseur de l'horizon; microporosité moyenne; matériau à consistance pâteuse (d'ordre 30), plastique, collant, fragile; quelques racines fines et grosses de palétuviers en décomposition; faible odeur caractéristique de vase. Activité microbiologique intense. Transition graduelle sur 10 cm et régulière. |
| 75–100 cm  | Sol noyé; gris idem; très nombreuses taches jaune pâle (2,5 Y 7/4) à rouge jaunâtre (YR 4/8) le long des anciens emplacements racinaires; débris organiques; argilo–sableux; aucune structure; sans fente; matériau à consistance pâteuse, très plastique, très collant; racines de palétuviers en voie de décomposition plus nombreuses (20 pour cent); activité microbiologique intense. Transition graduelle en 10 cm et ondulé.   |
| 100–140 cm | Sol noyé; gris (7,5 YR N/5); quelques taches gris brunâtre clair (10 YR 6/2) en traînées verticales et associées aux radicelles, argilo–sableux à sable fin; aucune structure; matériau identique; 30 pour cent de grosses racines non décomposées et 30 pour cent de radicelles en voie de pourrissement; légère odeur de vase. Activité microbiologique intense; Transition nette et régulière .  |
| 140 et +   | Horizon identique au précédent mais sans tache. Nappe à 140 cm  |

**Résultats d'analyses: sol sulfaté acide (Tobor)**

Profondeur (cm)	0-3	3-12	12-75	75-100	100-140
Argile	29,7	51		33	
Limon fin	15,2	14,2		7,1	
Limon grossier	8,4	6,8		9	
Sable fin	7,3	12		40	
Sable grossier	0,2	0,7		0,4	
C ‰	12,8	13,2	8,2	12,0	24,4
N ‰	1,28	1,13	0,41	0,41	0,77
C/N	10	12	20	29	32
pH eau 1/1	3,6	3,6	3,5	3,3	2,4
pH frais			3,3	3,4	3,5
Ca <sup>++</sup>	2,00	2,20	1,60	1,80	3,40
Mg <sup>++</sup>	9,60	5,80	5,60	4,00	6,80
K <sup>+</sup>	0,55	0,75	0,80	0,40	0,45
Na <sup>+</sup>	40	4,8	5,4	4,6	8,5
S	52,2	13,60	13,35	10,75	19,20
T	11,40	14,40	13,40	15,75	20,2
S/T %	100	95	100	68	95
Ec extrait 1/10 en dS/m	46,2	5,73	5,33	5,68	9,20
Soufre élémentaire ‰	-	-	0,04	0,03	0,13
S. de la jarosite	10,66	2,93	3,78	2,45	5,65
S. total	37,82	10,08	15,84	8,40	23,52

**DISTRIBUTION SPATIALE**

- Les sols minéraux bruts sur cuirasse schisteuse sont localisés dans le périmètre constitué par le fleuve Gambie, la rivière Koulountou et la frontière avec la République de Guinée.
- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés cuirassés sur schiste sont situés à l'est et au nord de ces derniers, formant un triangle dont le sommet nord se situe aux environs de Bakel.
- Les sols minéraux bruts sur cuirasse de grès argileux sont situés à l'ouest de la vallée du fleuve Sénégal et s'étendent du sud-ouest de Bakel au nord-ouest de Matam.
- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés cuirassés sur schiste forment un triangle avec comme sommets le coin sud-est du Sénégal, la Koulountou à l'entrée du territoire sénégalais, à l'ouest, et Dembankané au nord.
- Les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés s'étendent d'ouest en est sur une large bande.
- Les sols gravillonnaires leur font suite au sud avec la même orientation sur la moitié ouest.
- Les sols brun-rouge subarides sont adossés à la basse et moyenne vallée du fleuve Sénégal et s'étendent vers le centre.

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés bordent les 2/3 de la frontière sud avec la Gambie en Moyenne et en Haute Casamance.
- Les sols ferrallitiques sont situés à l'ouest, de part et d'autre de la frontière gambienne.
- Les sols halomorphes couvrent le delta du fleuve Sénégal.
- Les sols hydromorphes sont localisés dans les moyennes vallées des fleuves Sénégal et Gambie, le long de la Koulountou et dans la grande dépression de la vallée de l'Anambé au sud.
- Les sols sulfatés acides sont de part et d'autre de l'estuaire de la Casamance et dans toutes les basses vallées subissant l'influence de la marée.

#### VALEUR AGRICOLE DES SOLS (CULTURES PRINCIPALES) ET CONTRAINTES DE MISE EN VALEUR

Les terres arables ne représentent que 19 pour cent de la superficie du pays (3,8 millions d'hectares). Les surfaces moyennes cultivées annuellement sont de l'ordre de 2,5 millions d'hectares (65 pour cent des terres arables) dont 98 pour cent en pluvial et 2 pour cent en irrigué. Les taux d'exploitation les plus élevés se rencontrent dans le bassin arachidier (81 pour cent), les Niayes (65 pour cent), contre seulement 40 pour cent en Casamance et au Sénégal Oriental. Les forêts, les savanes et les parcours classés représentent 32 pour cent de la superficie du pays (6 324 000 hectares) et les zones non classées et les terres non cultivables 49 pour cent (9 542 000 hectares) (*in*: Badiane, 1999).

Les sols minéraux bruts sur cuirasse n'ont aucune valeur agricole. Tout au plus une certaine vocation pastorale peut exister à la faveur des formations herbeuses qui y poussent.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés cuirassés sur schiste ont une faible valeur agronomique, mais conviennent surtout au pâturage.

Les sols gravillonnaires, en dépit d'une faible capacité pour l'eau, présentent une bonne aération et contribuent de manière plus ou moins importante à la nutrition des plantes en fonction de leur teneur en éléments fins et de leur profondeur qui constituent souvent des facteurs limitants. Hormis la culture de l'arachide et du mil, ce sont des sols qui peuvent convenir pour le reboisement.

Les sols brun-rouge subarides ont une fertilité relativement faible mais c'est surtout l'aridité du climat qui ne permet pas aux principales cultures pluviales d'y boucler leur cycle par manque d'eau, qui constitue la principale contrainte.

Les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sont les sols à arachide par excellence, en rotation avec le mil. Ils sont également cultivés en niébé. L'arboriculture et le maraîchage réussissent bien dans ces sols. Du fait de leur texture sableuse et de leur faible teneur en matière organique, ils sont chimiquement pauvres et se sont pratiquement tous acidifiés sous les effets d'une mise en culture continue.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés conviennent à une gamme plus large de cultures du fait de leur plus grande richesse minérale mais aussi du fait qu'ils sont localisés dans des zones relativement mieux pourvues en eau. Ils conviennent à l'arachide, au mil, au maïs, au riz pluvial, au sorgho, au coton, à l'arboriculture et au maraîchage.

Les sols halomorphes sur alluvions argileuses sont chimiquement riches et conviennent à la riziculture intensive, au coton et à la culture de la canne à sucre en conditions de maîtrise

complète de l'eau. Mais leur salinité excessive et les difficultés de travail du sol y constituent les principales contraintes.

Les sols ayant la plus large gamme d'aptitudes sont en majorité les sols alluviaux hydromorphes qui ont l'avantage de posséder une grande profondeur, une texture équilibrée, une capacité pour l'eau importante, une fertilité naturelle relativement bonne. Ils conviennent au riz de bas-fond, au maïs, au sorgho et au maraîchage. Pour les sols alluviaux hydromorphes, les mesures qu'on peut envisager pour mieux les utiliser vont dans le sens d'une meilleure protection contre l'excès d'eau provenant principalement des inondations. Il peut s'agir de digues de ceinture et de drains à ciel ouvert

Les sols sulfatés acides conviennent bien à la riziculture traditionnelle. Ils ne doivent pas être brutalement drainés lorsqu'ils sont immatures au risque de conduire à des sols extrêmement acides avec des toxicités alumino-ferriques les rendant stériles. La salinité, l'acidité, la toxicité ferreuse et la déficience en phosphore constituent les principales contraintes de ces sols.

Le déficit pluviométrique de ces trois dernières décennies a accentué la remontée saline, entraînant les effets néfastes ci-dessus mentionnés, notamment dans les estuaires du Saloum et en Casamance, zones de riziculture pluviale traditionnelle, où l'on a observé une réduction d'environ 60 pour cent des forêts de palétuviers et l'abandon de plusieurs rizières.

#### **CORRÉLATION DES SOLS DOMINANTS AVEC LES GROUPES DE LA BASE DE RÉFÉRENCE MONDIALE DE DONNÉES DE SOLS (BRM)**

<b>Modelé</b>	<b>Lithologie du substratum</b>	<b>Type de sol</b>	<b>BRM</b>
Sommets de colline	Cuirasse ferrallitique	Sol min. brut	Leptosol lithique
Plateau	Grès argileux	Sol ferrallitique	Ferralsol rhodique
Plateau	Grès argileux	Sol ferrugineux tropical lessivé	Lixisol ferrique
		Sol ferrugineux tropical lessivé cuirassé	Lixisol (lepti) ferrique
Glacis	Cuirasse ferrugineuse	Sol minéral brut sur cuirasse peu démantelée	Leptosol lithique
Glacis gravillonnaire	Cuirasse ferrugineuse.	Sol peu évolué sur matériau gravillonnaire.	Leptosol eutrique
Complexe dunaire	Sable éolien	Sol brun-rouge subaride	Régosol arénique
Dunes émoussées	Sable éolien	Sol ferrugineux peu lessivé	Arénosol dystrique/ferralique
Fonds de vallées, basse terrasse	Remblais sablo-argileux, alluvions récentes	Sol peu évolué. hydromorphe sablo-argileux	Fluvisol
Plaines alluviales	Alluvions récentes	Sol hydromorphe	Gleysol dystrique
Estuaires, Deltas	et subrécentes	Sol sulfaté acide Sol halomorphe	Fluvisol thionique Fluvisol salique

## CONCLUSIONS

### Observations générales sur le système de classification actuellement utilisé et la BRM

La classification française, plus connue sous le nom CPCS, est toujours utilisée dans des pays comme le Sénégal, malgré la parution du Référentiel pédologique français qui lui a succédé. La CPCS est une classification de type génétique donnant une prépondérance à la filiation ayant conduit au sol considéré. Cette filiation repose sur des types de pédogenèse connus et répertoriés (ferrugineux, ferrallitique, halomorphe, hydromorphe etc.). Le principal reproche qu'on peut faire à cette classification est que devant un profil on a souvent tendance à ne rechercher que l'origine du sol, en négligeant quelque peu certains éléments objectifs du profil. Certaines appellations sont sujettes à différentes interprétations tels que sol brun, sol rouge, sol gris. Les difficultés de corrélation avec la BRM tiennent au fait que la notion d'horizon diagnostique n'existe pas dans la CPCS et que l'appréciation de certains paramètres reste qualitative. Le RPF se rapproche plus de la BRM en ce sens qu'il définit des références de sols avec des critères plus précis que la CPCS.

La « Soil Taxonomy » reste un système, certes objectif, mais trop quantitatif. Très peu d'importance est accordée aux processus pédogénétiques. Seuls comptent les critères quantifiables et mesurables. Lorsque les critères de la Soil Taxonomy sont suivis à la lettre, il devient quasi impossible de classer un sol sur le terrain, car il faudrait d'abord disposer des résultats d'analyse avant de se prononcer. Malgré ces inconvénients, elle est beaucoup plus proche de la BRM que n'importe quel autre système. La notion d'horizons diagnostiques est très proche dans les deux systèmes et on note même une certaine convergence dans les définitions. Une différence importante tient au fait que le climat du sol intervient au deuxième niveau de la « Soil Taxonomy », après les grands groupes. Dans la BRM le climat n'intervient pas de manière explicite, car on estime que beaucoup de sols de référence peuvent se retrouver sous différentes conditions climatiques.

### Le Base de référence et ses critères de classification

La BRM met d'abord l'accent sur les processus pédogénétiques qui sont à l'origine des sols, excepté là où les matériaux parentaux des sols revêtent un caractère prépondérant. Ce qui signifie qu'au niveau le plus élevé du système, l'évolution des sols est mise en avant mais pas de manière absolue.

Au deuxième niveau, les classes sont différenciées selon tout critère secondaire prédominant dans le processus de formation du sol qui affecte significativement les caractéristiques primaires. Dans certains cas, les caractéristiques du sol ayant un effet significatif sur son utilisation doivent être prises en compte.

Ce système a l'avantage de disposer de critères précis qu'il faut retrouver sur le terrain ou à l'issue des analyses pour pouvoir situer un profil par rapport à la référence. Les choses ne sont pas toujours simples lorsqu'il s'agit de sols tropicaux. Certains critères analytiques ne sont pas disponibles sur les profils déjà étudiés (fer ferreux dosé avec une solution à 1 pour cent de cyanide ferrique de potassium ou avec une solution de dipyridil dans 10 pour cent d'acide acétique, pour les propriétés gleyiques). La mesure du potentiel redox *in situ* est un autre exemple. Pour d'autres paramètres, il est nécessaire de procéder à un calcul (CEC pour 100 g d'argile). Certains paramètres doivent être testés sur le terrain.

**BIBLIOGRAPHIE**

- Badiane, A.** 1999. *Gestion intégrée des sols pour une agriculture durable et la sécurité alimentaire, cas du Sénégal.*
- Chauvel, A.** 1967. *Carte pédologique du Sénégal au 1/200 000.* Kédougou-Kossanto-Keniéba. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann, 158 p.
- FAO.** 1975. *Troisième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols. Guide pour la tournée sur le terrain.* Sénégal, février-mars 1975. 92 p.
- FAO.** 1999. *Rapport du Sénégal sur la gestion des ressources pour un développement agricole durable et les politiques d'accompagnement.* 75 p.
- FAO-PNUD-OMVG.** 1986-88. *Pedological Study of the Sandougou, Gouloumbo, Kirili, Mako, Tomboronkoto, Bantako-Couta and Anambe plains in Senegal.* OMVG/UNDP/FAO.
- FAO-PNUD-OMVG.** 1988. *Etudes pédologiques régionales.* Vallée de l'Anambé. FAO/PNUD RAF 82/047. 49 p.
- Fauk, R., C. Moureaux, et C. Thomann.** 1969. Bilan de l'évolution des sols de Séfa (Casamance) après quinze années de culture continue. *L'Agronomie Tropicale* 24(3):263-301
- Kaloga, B.** 1966. *Carte pédologique du Sénégal au 1/200 000.* Notice explicative de la feuille de Dalafi. ORSTOM, Dakar-Hann. 104 p.
- Khouma, M.** 1995. *Identification et évaluation des ressources en sols dans la moyenne vallée du fleuve Gambie et problématique de leur gestion par les systèmes d'information géographique.* Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques de Gembloux.
- Maignien, R.** 1965. *Notice explicative de la carte pédologique du Sénégal au 1/1000 000.* ORSTOM, Centre de Dakar-Hann. 66 p.

# Les sols dominants du Mali

## RÉSUMÉ

Les régions naturelles au Mali présentent une grande diversité de sols. Au niveau régional, on distingue trois grands types de couvertures pédologiques: celles qui dérivent de matériaux sableux d'origine éolienne, celles qui sont caractérisées par l'abondance d'argiles gonflantes, celles qui dérivent de glacis ou plateaux cuirassés.

Trois systèmes de classification des sols sont utilisés: la Soil Taxonomy américaine, le système français (CPCS) et le système de la FAO qui, en réalité, n'est pas un système de classification mais la légende d'une carte des sols du monde au 1/5 000 000.

A partir des études réalisées par le PIRT, de la légende révisée de la FAO et des études ponctuelles de l'IER se dégagent quatre types de sols dominants: Alfisols, Aridisols, Entisols et Ultisols de la « Soil Taxonomy ». Dans la Légende révisée de la FAO, ces sols correspondent aux Lixisols, Arénosols, Leptosols, Luvisols et Gleysols, et dans la classification CPCS à des sols ferrugineux tropicaux (peu lessivés et lessivés), des sols minéraux bruts, des sols peu évolués, des sols brunifiés et des sols hydromorphes.

Des tentatives ont été faites pour rapprocher ces différents types de sols dominants au système BRM.

## INTRODUCTION

### Les couvertures pédologiques sur matériaux sableux

Les couvertures pédologiques dérivées de matériaux sableux d'origine éolienne montrent une organisation générale en cordons très allongés avec une alternance transversale de dunes à sols sableux plus ou moins rubéfiés, peu ou pas structurés, et d'interdunes à sols argileux grisâtres, à engorgement temporaire et de structure le plus souvent massive.

En raison de très faibles teneurs en colloïdes et en matière organique, la CEC y est très faible (faible fertilité) Aux déficiences minérales (N, P, K, Ca et oligo-éléments) natives mais peu importantes se surimpose une sensibilité marquée à l'acidification sous l'effet de l'agriculture traditionnelle. Les fortes perméabilités superficielles, la grande profondeur d'enracinement et la faible énergie de rétention de l'eau compensent en partie la faible capacité totale du stockage de l'eau liée à la texture grossière et la quasi-absence de macro et microstructures (sauf dans les sols dérivés des dépôts éoliens les plus anciens)

Sous l'effet des façons culturales et surtout du piétinement du bétail, les horizons deviennent très sensibles à la déflation éolienne dont le potentiel est très élevé (100 à 250 ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>). Ce problème est aggravé par la disparition de la végétation ligneuse.

### Les couvertures pédologiques riches en argiles

Les couvertures pédologiques abondant en argiles gonflantes sont développées sur les glacis encore fonctionnels (pluviométrie inférieure à 800 mm/an). On les retrouve essentiellement sur des roches riches en minéraux altérables, telles que les schistes, les granito-gneiss, les alluvions anciennes des grandes vallées des fleuves du Niger et du Sénégal et d'autres affluents. Si, dans le détail, ces couvertures ont une organisation verticale et latérale ordonnée, il n'en reste pas moins qu'à l'échelle du paysage, la répartition spatiale des sols y est très complexe. Cette hétérogénéité constitue une contrainte majeure. Les limitations présentées par ces sols sont d'abord dues à leurs propriétés physiques et à leur régime hydrique.

La texture argileuse en fait des sols lourds sinon impossibles à cultiver en milieu traditionnel. Peu perméables, ils sont rapidement engorgés, ce qui provoque des régimes hydriques très contrastés, défavorables à l'installation et à la production des cultures. Ces aspects sont plus accusés dans les sols alcalinisés et sodisés des alluvions argileuses du Delta mort et central du Niger et dans ceux qui présentent en outre des discontinuités texturales. Il en résulte également une grande sensibilité à l'érosion pluviale et au ruissellement.

Si les réserves minérales sont convenables (vertisols), les bases échangeables y sont déséquilibrées en calcium, magnésium et sodium, ce qui conduit à des difficultés d'alimentation minérale, à l'apparition des déficiences induites en oligo-éléments ou à une réorganisation défavorable de l'azote. Le pouvoir fixateur en  $P_2O_5$ , parfois élevé, induit une faible efficacité des engrais phosphatés.

### Les couvertures pédologiques ferrugineuses ou ferrallitiques

Dans le sud du Mali, les couvertures pédologiques sont dérivées de glacis ou plateaux plus ou moins cuirassés, sur des substrats très divers (grès, schistes, granites). La profondeur du sol, limitée par la présence d'horizons indurés (cuirasse ferrique ou carapace), constitue une contrainte majeure. La présence d'horizons gravillonnaires, de nappes de gravats, souvent considérée comme défavorable, est maintenant retenue comme un avantage (macroporosité entraînant un enracinement profond et un ressuyage rapide).

Sur les vastes plateaux de grès, les sols lessivés hydromorphes occupent des superficies importantes. L'engorgement saisonnier limite la profondeur d'enracinement et, par suite, l'accès aux réserves minérales et hydriques. La conséquence en est un fort développement du ruissellement, aggravé par la dégradation de la structure due à la mise en culture et l'appauvrissement consécutif en matière organique.

Ces sols, dérivés des vieilles altérites complètement ferrallitiques, ont un complexe d'échange dominé par des colloïdes à faible charge variable ou à charges variables (kaolinite, sesquioxides). Les déficiences en éléments nutritifs sont communes, peu importantes, et l'acidification accrue. L'élévation de la fertilité minérale par l'application d'engrais est limitée par les faibles possibilités de stockage du complexe absorbant.

### CLASSIFICATION

La classification des sols est une technique permettant de grouper les sols en catégories pour mieux comprendre leur formation, leurs propriétés et leurs utilisations. On dispose ainsi d'un cadre scientifique permettant de grouper les sols de manière à mettre ensemble ceux dont les propriétés et les utilisations sont analogues.

Ces comparaisons de sols peuvent être effectuées non seulement à l'échelle locale ou nationale, mais aussi à l'échelle internationale, puisque tel ou tel type de sol d'un pays peut être comparé à des sols analogues dans d'autres parties du monde. De même, un pays peut trouver utile d'avoir accès aux connaissances et à l'expérience acquises dans d'autres régions pour décider de l'utilisation et de la mise en valeur agricole d'un sol ayant les mêmes caractéristiques.

Dans le milieu soudano-sahélien, les héritages pédologiques, caractéristiques des conditions climatiques passées, variées sinon opposées, dominant à la fois les grands traits de l'organisation du paysage pédologique, c'est-à-dire de la répartition spatiale du sol, et les caractéristiques physico-chimiques des sols.

Dans ce contexte, on comprendra toutes les difficultés d'utilisation des classifications de sols:

1. Insuffisance notoire des classifications, comme la « Soil Taxonomy » ou la « Légende » de la FAO, les types de sols observés étant souvent en total désaccord avec les conditions climatiques actuelles; Les problèmes rencontrés pour la classification des sols du Mali dans la « Soil Taxonomy » sont les suivants:
  - identification sur le terrain des horizons de diagnostic faiblement évolués et des divers degrés d'hydromorphisme;
  - absence de certaines analyses des sols indispensables pour leur classification;
  - présence dans certains sols d'une cuirasse indurée que la Taxonomy ne semble pas reconnaître suffisamment;
  - identification des régimes d'humidité et de température des sols.
2. Insuffisance des classifications morphogénétiques, la classification française de la Commission de pédologie et de cartographie des sols (CPCS) classant des unités totalement artificielles: les profils verticaux ou les pédons.

Ces insuffisances dans la connaissance des sols des régions soudano-sahéliennes et, par conséquent, dans l'appréciation des contraintes ou des potentialités, incitent à revoir les démarches de caractérisation des sols ainsi que des couvertures pédologiques.

Si l'on veut en tirer le maximum d'utilité, un système de classification des sols doit être universel, de façon à englober tous les sols du monde et il doit être largement utilisé. C'est dans ce contexte que l'élaboration d'un référentiel de sols tel que la Base de référence mondiale est indispensable; cette classification doit cependant être uniquement une base scientifique de données, et non un système rigide.

#### **LES TYPES DE SOLS DOMINANTS**

Les travaux réalisés par le PIRT (Projet d'inventaire des ressources terrestres), en 1983, ont permis de dégager à partir des cartes de zonages agro-écologiques du Mali les types de sols dominants et les grandes unités décrites dans la Légende révisée (1974) de la Carte mondiale des sols de la FAO.

La physiographie et l'utilisation actuelle caractérisent ces sols. Les types de sols dominants ont été recensés par importance de leur surface nationale. Ce sont des alfisols, aridisols, entisols, inceptisols et ultisols. Dans la classification FAO, ce sont des lixisols, arénosols, gleysols,

régosols et lithosols, alors que dans la classification CPCS, il s'agit de sols ferrugineux tropicaux, sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols brunifiés et sols hydromorphes.

## Alfisols

### *Sols ferrugineux tropicaux*

Les sols ferrugineux tropicaux appartiennent à la classe des sols riches en sesquioxydes et hydrates métalliques, individualisés en présence d'un humus évolué dans des conditions de pédoclimat suffisamment chaud pendant la période où il est également humide (G. Aubert, 1965). Ils sont également riches en sesquioxydes de fer et, parfois, en oxydes de manganèse, mais pourvus d'alumine libre. Les colloïdes minéraux y sont constitués de kaolinite mêlée d'illite et d'hydroxydes métalliques.

Les sols ferrugineux tropicaux sont subdivisés en deux groupes selon l'intensité de l'action attribuée au lessivage sur la morphologie du profil:

- les sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés qui se différencient par des variations de teinte et une augmentation faible et progressive des teneurs en éléments fins et en sesquioxydes vers l'horizon B,
- les sols ferrugineux lessivés à horizons lessivés, à teinte et structure caractéristiques, et à horizon d'accumulation bien marqué.

Ils occupent 32,5 pour cent de la superficie totale étudiée par le PIRT (1983) .

Au Mali les sols ferrugineux tropicaux se répartissent en deux ensembles selon leurs caractères morphologiques:

- les sols ferrugineux peu lessivés: les variations verticales de texture sont peu accentuées et progressives. La teinte des horizons est homogène avec une coloration maximum pour le B.
- les sols ferrugineux lessivés qui s'observent sur des matériaux plus argileux; les variations texturales et structurales sont plus accentuées et rapides. Des structures apparaissent dans les horizons B, dont la teinte est hétérogène (concrétions et/ou taches ferrugineuses et porosité faible).

Ces deux ensembles de sols ont des vocations agricoles distinctes: le premier constitue l'essentiel des sols à mil et arachide du Mali septentrional; le second est susceptible d'utilisations plus variées grâce à des textures plus argileuses.

### *Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés*

Ce sont des sols développés sur des dépôts de sables éoliens ou dunes aplanies (parfois remaniés). Ils sont très répandus, en particulier dans la plaine du Seno. Ils se localisent également dans le Hodh, le Delta central et le Delta mort du fleuve Niger. La pluviométrie annuelle est de 600 à 800 mm.

Ce sont des sols profonds, sableux, bien drainés, caractérisés par une couleur brun vif en profondeur, la texture sablo-limoneuse en surface passant à du limon sableux en profondeur. En général, l'accroissement de la teneur en argile à partir de la surface suffit à un horizon argique, ce que confirment des indications visuelles de mouvements d'argile, notamment de ponts d'argile entre les grains. Ces sols sont acides dans tout le profil mais plus acides en surface.

**TABLEAU 1**  
**Résultats analytiques du profil type d'un sol ferrugineux tropical peu lessivé**

Pro- fondeur (cm)	Horizon	pH	mg P/ kg de sol	Granulométrie			Bases échangeables mg/100 g de terre						
				A	L	S	Ca	Mg	K	Na	SB	CEC	Sat %
0-10	A1	7,1	1,4	2,2	2,6	95,1	1,15	0,46	0,08	-	1,69	2,21	74
10-28	B1	6,5	0,5	3,0	2,4	94,6	0,50	0,45	0,03	-	1,42	2,29	62
28-50	B2-1	6,4	0,5	3,1	2,2	94,7	0,60	0,56	0,06	-	1,22	2,50	49
50-80	B2-2	5,6	2,5	3,0	2,2	94,8	0,15	0,35	0,03	-	0,53	2,29	23
80-140	B3	5,4	2,5	2,6	1,8	95,6	0,05	0,18	0,04	-	0,27	1,53	18

Ils correspondent à des Haplustalfs aridiques de la Soil Taxonomy et à des luvisols ferriques dans la classification FAO. Ils sont utilisés pour la culture de mil et parfois d'autres cultures quand le volume des précipitations est suffisant. Les zones non cultivées sont assez importantes pour le pâturage du bétail.

Ces sols sont cultivables (mil, niébé), mais leur fertilité chimique et leur volume hydrique sont très faibles. Situés dans des régions à faible densité de populations sédentaires, ils sont actuellement exclusivement utilisés comme pâturages. Le relatif tassement de l'horizon A1 et l'encroûtement superficiel favorisent le ruissellement en nappe.

#### *Sols ferrugineux tropicaux lessivés*

Ils se situent dans le Plateau Mandingue, le Plateau de Koutiala et le Haut Bani-Niger. La pluviométrie est de 900 à 1300 mm par an. Ici, le modelé n'est pas uniforme. La topographie à peine ondulée ne laisse émerger que les témoins du glacis supérieur. La surface cuirassée du moyen glacis, à sols peu évolués gravillonnaires, couvre les interfluves et passe le plus souvent en continuité au bas glacis. Les sols se répartissent en toposéquences où varient simultanément l'épaisseur du sol meuble et la qualité du drainage interne.

#### Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions

Dans la plaine à pente faible, les sols sont profonds et imparfaitement drainés; ils se sont développés sur des matériaux limoneux. Leur texture est limoneuse, en liaison avec la présence de plinthite et d'éléments hydromorphes dans les horizons inférieurs.

En surface, les couleurs sont brun grisâtre sombre à très sombre, brun jaunâtre ou brun en profondeur avec des taches grisâtres et jaunâtres. On y trouve, à plus de 50 cm de profondeur, des concrétions rougeâtres et fermes (plinthite). Les textures sont limoneuses ou limono-sableuses passant à limono-argileuse en profondeur. L'accroissement de la teneur en argile à partir de la surface est suffisant pour un horizon argique.

Ce sont des Haplustalfs plinthiques ( Soil Taxonomy) et des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudogley ou taches et concrétions (CPCS)

L'unité sert à une large gamme de cultures (sorgho, coton, arachide, maïs, etc.). Le pâturage est moins important.

Les contraintes à la mise en valeur des terres sont liées à l'hydromorphie interne et à l'abondance des éléments grossiers.

## Ultisols

### *Sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions*

Les sols de haut de pente ont leur profondeur limitée par un niveau gravillonnaire peu profond dans lequel se développe un concrétionnement intense qui le cimente en carapace. Ces sols sont profonds, leur texture est légèrement fine et la couleur du profil jaune-rouge. Le drainage semble être l'élément significatif qui sépare ces sols de ceux d'autres unités. Ils sont bien drainés, au moins dans les 75 premiers centimètres, mais, plus au sud, les portions inférieures du profil sont souvent imparfaitement drainées.

A la surface, les couleurs sont brun foncé et brun grisâtre, en profondeur brun vif ou brun rougeâtre. Au dessous de 75 cm on trouve souvent des taches.

La texture est limono-sableuse en surface, se fondant en une texture plus lourde. L'accroissement de la texture en argile à partir de la surface est suffisant pour un horizon argique. Une augmentation de la teneur en argile et la présence de graviers sont manifestes aux niveaux inférieurs du profil. Les mesures de pH donnent des réactions typiques fortement à moyennement acides dans le profil.

Les sols dominants typiques correspondent aux Haplustults, inclus dans les Ultisols.

Cette unité se trouve normalement cultivée de façon permanente ou avec une jachère de brève durée. Elle sert à toute une série de cultures, surtout sorgho, coton, arachide et maïs.

TABLEAU 2

Résultats analytiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions

Pro- fondeur (cm)	Horizon	pH	Fer total	Granulométrie			Bases échangeables méq/100 g de terre						
				A	L	S	Ca	Mg	K	Na	SB	CEC	Sat %
0-20	A1	6,3		6,0	13,9	80,1	0,70	0,33	0,04	-	1,07	2,08	51
20-35	A3	5,4		10,6	15,7	73,8	0,10	0,20	0,04	-	0,34	2,08	16
35-50	B1	5,4	1,54	20,2	19,0	61,0	0,10	0,38	0,04	-	0,57	2,95	19
50-70	B2-1t	5,4	2,45	37,6	18,0	44,6	0,46	0,37	0,09	-	0,92	5,50	17
70-120	B2-2t	5,8	2,93	42,4	18,8	38,9	1,41	0,60	0,10	-	2,4	6,0	35

## Inceptisols

### *Sols hydromorphes*

Les sols hydromorphes évoluent sous l'influence d'un excès d'eau temporaire ou permanent, affectant l'ensemble ou seulement une partie du profil. Cet excès d'eau peut être dû à une submersion ou à la présence d'une nappe temporaire ou permanente. L'imperméabilité du matériau, associée à un drainage externe faible, peut également suffire à provoquer l'hydromorphie. L'hydromorphie peut orienter l'évolution de la matière organique et, sous certains types de végétation, provoquer son accumulation. Les sols hydromorphes du Mali sont des sols hydromorphes minéraux ou peu humifères (moins de 8 pour cent de matière organique).

Lorsque l'asphyxie est permanente, par suite du maintien de la nappe ou de la compacité du milieu, le fer reste réduit et la teinte grise ou bleutée de ses composés donne l'aspect caractéristique du gley. Lorsque l'asphyxie n'est que temporaire, la réoxydation du fer, lors des périodes d'aération, fait apparaître des taches ocres, souvent associées à des concentrations noires contenant des oxydes de manganèse au sein d'un matériau plus ou moins décoloré (pseudogley).

Au Mali, ces sols hydromorphes se présentent dans les vastes plaines d'inondation du fleuve Niger et du fleuve Sénégal et sont associés aux sols des défluent et bas-fonds. Ils sont profonds, formés dans des alluvions des cours d'eau et ont en général une texture fine. Le drainage est mauvais. La texture de surface est généralement du type limon sableux ou fin en surface, se fondant en une texture plus lourde en profondeur. L'accroissement de la teneur en argile à partir de la surface est en général suffisant pour un horizon argique. Les mesures de pH varient de fortement acides à neutres à la surface pour passer de moyennement acides à légèrement alcalines en profondeur.

Ce sont les Inceptisols de la Soil Taxonomy.

Cette unité occupe des voies de drainage dans toutes les zones arides et semi-arides du Mali. Elle peut être associée avec toute une série d'unités de sols, en particulier les ferrugineux tropicaux à hydromorphie de profondeur. Ces sols sont utilisés pour le pâturage bien qu'on puisse y pratiquer une agriculture pluviale (sorgho, mil) et, quand l'eau est retenue, la riziculture.

La fertilité chimique, moyenne à faible, doit être relevée; les propriétés physiques très médiocres sont plus difficiles à améliorer. Le principal intérêt de cette unité est de constituer d'assez vastes étendues, très homogènes, susceptibles d'être aménagées rationnellement et qui justifieraient la mise au point de techniques adaptées améliorant la structure et le drainage.

## **Entisols**

### ***Sols minéraux bruts***

#### *Sols bruts d'érosion sur cuirasse*

Ils se localisent dans les régions naturelles du Plateau Mandingue, Plateau de Koutiala et du Haut Bani Niger. Cette unité occupe de très vastes surfaces aplanies et latéritiques, allant de plane à légèrement inclinée dans les zones subhumides et humides. Elle couvre 7.3 pour cent de la superficie étudiée. Le sol est très gravillonnaire et très mince jusqu'à la cuirasse. Il est généralement bien drainé et riche en matière organique. Parfois des blocs de cuirasse et de graviers encombrant la surface. Bien que ces sols soient utilisés principalement par les pâturages, certaines portions plus plates du sud sont un peu utilisées pour la riziculture.

#### *Les sols minéraux bruts d'apport éolien*

Ils sont présents dans l'Azaouad, Tilemsi et Gourma où la pluviométrie annuelle est inférieure à 200 mm. Ce sont des sols profonds, sableux, excessivement drainés et qui n'ont qu'un profil faiblement différencié des horizons.

Les sols dominants typiques sont les Torripsamments de la Soil Taxonomy, faisant partie des Entisols, et sont classés parmi les sols minéraux bruts d'apport éolien de la classification CPCS (1967). Ces sols servent de façon exclusive aux pâturages.

## Soil taxonomy et équivalents approximatifs dans les classifications CPCS et FAO

US SOIL TAXONOMY	CLASSIFICATION CPCS								FAO /Unesco										
	I Sols minéraux bruts	II Sols peu évolués	III Vertisols	V Sols calcimanganiques	VI Sols isohumiques	VII Sols Brunifiés	IX Sols à Sesquioxydes de Fe et de Mn	X Sols ferrallitiques	XI Sols hydromorphes	XII Sols sodiques	Aridisols	Arenosols	Lixisols	Acrisols ferriques	Leptosols	Nitrosols dystriques	Nitrosols eutriques	Fluvisols	Gleysols
ALFISOLS AQUALFS USTALFS		■				■	■		■				■			■			
ARIDISOLS ARGIDS ORTHIDS		■		■	■						■								
ENTISOLS ORTHENTS PSAMMENTS AQUENTS	■	■			■			■				■	■					■	■
INCEPTISOLS TROPEPTS OCHREPTS AQUEPTS		■	■		■	■													■
MOLLISOLS					■	■													
ULTISOLS UDULTS USTULTS						■	■								■				
VERTISOLS USTERTS			■																

Sources: Aubert, G *et al.* FAO/UNESCO, Soil Map of the World 1: 5 000 000. Volume VI: Afrique, Unesco, Paris, 1977.

## Superficies des sols selon les Ordres de la Soil Taxonomy

ORDRES DE SOLS ET AUTRES UNITES	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	PROPORTION (%)
ALFISOLS	184 909	31,7
ARIDISOLS	94 423	16,2
ENTISOLS	124 902	21,4
INCEPTISOLS	27 432	4,7
MOLLISOLS	2 374	0,4
ULTISOLS	61 211	10,5
VERTISOLS	761	0,1
Inclusions	50 220	8,6
Types divers de terrains	34 259	5,9
Saisonnement inondés	2 287	0,4
TOTAL	582 778	100

Source: PIRT, 1983

**Corrélation des sols dominants avec les groupes de la Base de référence mondiale (BRM)**

<b>Modélé</b>	<b>Type de sols CPCS)</b>	<b>BRM</b>
Sommet	Lithosols, régosols	Leptosol lithique
Versants gravillonnaires	Sols peu évolués	
Basses croupes cuirassées	Sols ferrugineux tropicaux indurés à cuirasse	) ) Leptosol eutrique
Basses croupes carapacées	Sols ferrugineux tropicaux indurés à carapace	) )
Bas glacis	Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions Sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes	) ) Lixisol Ferrique ) )
Vallées et plaines inondables	Sols hydromorphes peu humifères	Fluvisol Gleysol dystrique
Dunes	Sols brun-rouge subarides	Régosol arénique
Dunes aplanies	Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés	Arénosol dystrique

**BIBLIOGRAPHIE**

- Bertrand, R.** 1974. *Système de paysage des plaines du Delta vif et moyen du Niger*. Etude morphopédologique de quelques plaines dans le Delta central nigérien.
- Brouwers, M., M. Raunet, et B. Keita.** 1975. *Etude morphopédologique du Plateau Mandingue (cercle de Kita et région de Faladie), en vue de son développement agricole (1:200 000)*, CIRAD.
- CMDT-PAE.** 2000. *Zonage pédologique du cercle de Kita*.
- Jenny, F.** 1973. *Reconnaissance pédologique aux environs de Sikasso*.
- Keita, B.** 1984. *Recasement des populations dans la zone du barrage de Manantali*.
- Keita, B.** 1987-1996. *Etudes morphopédologiques de quelques plaines dans la vallée du fleuve Niger. Tombouctou-Labbézena*.
- Keita, B., J.P.Bitchbaly, et W. Veldkamp.** 1994. *Etude de toposéquences typiques dans le Plateau de Koutalia*.
- Keita, B., L. Dioni, et J. Client.** 1978-1980. *Etude morphopédologique de quelques plaines dans la vallée du fleuve Sénégal*.
- Keita, B., et M. Simpara.** 1999. *Caractérisation des bas-fonds Sikasso et Bougouni*.
- Keita, B., J. Tricart, J. Blanck, et R. Bertrand.** 1989-90. *Etude morphopédologique du Kala inférieur. Office du Niger*.
- Pieri, C.** 1974. *Etude pédologique de l'arrondissement de Fana*.
- PIRT.** 1988. *Zonage agro-écologique du Mali. Projet d'inventaire des ressources terrestres*.



# Sols dominants du Togo – corrélation avec la Base de référence mondiale

## RÉSUMÉ

Le Togo couvre une superficie de 56 600 km<sup>2</sup> et est limité au sud par l'Océan Atlantique, au nord par le Burkina Faso, à l'est par le Bénin et à l'ouest par le Ghana. La population est de 4,1 millions d'habitants avec un taux de croissance de 3,2 pour cent et une densité moyenne de 72 hab/km<sup>2</sup>. Le pays jouit d'un régime pluviométrique de type bimodal dans sa partie méridionale et monomodal au nord du 8<sup>e</sup> parallèle. Il est étiré du sud au nord sur 600 km environ. Il est très diversifié du point de vue sols et végétation. Le pays est essentiellement agricole. Cette activité nourrit plus de 70 pour cent de la population. L'agriculture fournit 30 pour cent des recettes d'exportation. Les principales cultures sont le café, le cacao et le coton. En ce qui concerne les cultures vivrières, le Togo produit le maïs, le mil, le sorgho, le niébé, les tubercules (igname, patate douce, manioc etc.).

Les sols dominants selon le système de classification français (CPCS, 1967) sont les sols ferrugineux tropicaux, les sols ferrallitiques et les sols hydromorphes. Les sols ferrugineux, à eux seuls, représentent plus de 50 pour cent des sols du pays. Dans l'ensemble des sols ferrugineux, on trouve les sous-groupes lessivés à pseudogley, lessivés à concrétions, lessivés indurés. Les sols ferrugineux à concrétions ou lessivés indurés représentent près de 70 pour cent de l'ensemble des sols ferrugineux tropicaux. Deux types de sols ferrallitiques ont été identifiés: les sols ferrallitiques développés sur socle et les ferrallitiques développés à partir des apports continentaux (terre de barre). Les sols hydromorphes se retrouvent dans les dépressions et le long des cours d'eau.

Les principaux sols ont été corrélés avec la Base de référence mondiale, système de classification basé essentiellement sur la morphologie des profils et des analyses de laboratoire. Cet exercice n'a pas été fait sans difficultés, en raison notamment du manque de maîtrise de cette classification et des problèmes liés aux caractéristiques du système. Au nombre de ces difficultés nous citerons le manque de rigueur dans la définition des horizons diagnostiques, la non hiérarchisation des unités inférieures de classification et le langage assez académique et compliqué utilisé pour désigner les sols.

Cette classification a le mérite, toutefois, de prendre en compte tous les sols du monde. Elle représente à ce stade la synthèse des classifications existantes et est déjà acceptée par la communauté internationale. Un effort devra donc être fait pour que ce système soit connu et maîtrisé par les utilisateurs. Sa diffusion devra se faire au moyen d'ateliers de formation, nationaux et régionaux. L'amélioration de la BRM est indispensable. Cette amélioration devrait être entreprise en associant plus étroitement les spécialistes africains.

## INTRODUCTION

Entre 1963 et 1985, l'étude et la cartographie des sols étaient du ressort de la Division des études pédologiques et de l'écologie générale (DEPEG), qui, à partir de 1985, est devenu l'Institut

national des sols (INS), pour refléter l'importance donnée à la connaissance des sols dans le développement agricole du pays. En 1997, tous les instituts s'occupant de la recherche agronomique ont fusionné pour donner naissance à l'Institut togolais de recherche agronomique (ITRA).

La Division de la pédologie et de la cartographie des sols fait partie de la Direction des laboratoires, qui a pour principale mission de fournir les prestations de services en matière de cartographie et d'analyse des sols. Les autres aspects des sols (conservation et réhabilitation, maîtrise de l'eau, restauration et amélioration de la fertilité), sont l'objet de programmes de recherche au sein de la Direction scientifique, le tout étant regroupé sous l'appellation Gestion des ressources nationales.

La Division de la pédologie et de la cartographie traverse actuellement une période d'activités réduites, ce secteur n'étant plus financé par l'Etat. Les travaux sporadiques qui y sont conduits le sont dans le cadre de la caractérisation multi-échelle du Consortium bas-fonds et des demandes des privés.

#### GÉNÉRALITÉS

Jusqu'en 1992, les études pédologiques ont été entreprises principalement par deux institutions, à savoir l'ORSTOM, actuel IRD, et l'Institut national des sols (INS). Les différents chercheurs de l'ORSTOM: Lamouroux (1969), Vieillefon *et al.*, (1969), Levêque (1979), Faure (1985), Le Coq (1986), Poss (1996), ont réalisé des cartes pédologiques à diverses échelles, allant du 1/1 000 000 au 1/50 000, qui, en les juxtaposant, couvrent tout le territoire national. Ces cartes sont souvent consultées pour des études de mise en valeur à des échelles plus grandes. L'Institut national des sols, contrairement à l'ORSTOM, a surtout réalisé des études pédologiques pour la mise en valeur à des échelles allant du 1/50 000 à 1/2 000, voire 1/1 000.

La classification utilisée est essentiellement la classification française (CPCS, 1967). Des tentatives d'utilisation de la classification FAO ont été faites.

#### DESCRIPTION DES SOLS DOMINANTS

En raison de sa position géographique et de son régime climatique, le Togo est très diversifié du point de vue des sols et de la végétation.

Géographiquement, le Togo appartient au domaine tropical à longue saison sèche (Boulaine, 1975). Les températures sont toujours élevées et sont supérieures à 15-16° C; les moyennes annuelles sont de l'ordre de 25-30° C. Le faible degré hygrométrique de l'air facilite l'évaporation.

Les matériaux des sols sont très variés (granit, gneiss, micaschistes, schistes, etc.). Le phénomène dominant de la pédogenèse est la ferruginisation.

La matière organique se dégrade rapidement dans des milieux en permanence chauds et humides. Le lessivage vertical des argiles, facilité par une ambiance acide, diminue la perméabilité des horizons profonds et favorise les lessivages obliques.

Selon la classification française CPCS, on distingue les sols suivants, par ordre d'importance:

- sols à sesquioxyde de fer et de manganèse;
- sols ferrallitiques;
- sols hydromorphes;
- sols minéraux bruts;
- sols peu évolués;
- vertisols.

Nous n'examinerons ici que les trois premières catégories.

### **Sols à sesquioxyde de fer et de manganèse** (Sous-classe des sols ferrugineux tropicaux)

Les sols de cette sous-classe sont riches en sesquioxydes et sont caractérisés par:

- un profil A (B) C ou, plus fréquemment, A B C ou Bg, C;
- une coloration des horizons B ou (B) se situant dans la gamme des jaunes avec des intensités plus ou moins élevées.
- une structure massive en A et B, moins nette lorsque le matériau est constitué de sable grossier dominant,
- un complexe argileux en B moyennement saturé (S/T de 50-65 pour cent) essentiellement constitué par des argiles de néoformations kaolinitiques, en mélange avec des argiles héritées principalement des illites. Même héritée, la montmorillonite s'y maintient rarement ou seulement en faible quantité.

La subdivision de la sous-classe des sols ferrugineux tropicaux en groupes est basée sur le lessivage des argiles. Pour différencier les sous-groupes, on considère les (ou le) caractères qui apparaissent dans le profil comme une conséquence du ou des processus généraux impliqués dans la genèse de l'ensemble des profils. Ces processus peuvent intervenir ensemble ou séparément: migration de Ca; hydrolyse, argilification et libération de fer et de manganèse; colmatage et hydromorphie; néoformation d'argile gonflante, et vertisolisation.

Dans cette sous-classe, on distingue trois groupes de sols: ferrugineux tropicaux peu lessivés (indice de lessivage); ferrugineux tropicaux lessivés; ferrugineux tropicaux appauvris. Le groupe peu lessivé est très peu répandu au Togo.

Les sols ferrugineux tropicaux, groupes et sous-groupes confondus, occupent plus de 2/3 du socle granito-gneissique (27 000 km<sup>2</sup>) et à peu près le 1/3 du socle birrimien dans la partie nord-ouest du pays.

#### ***Groupe lessivé***

Sol présentant en dessous d'un horizon lessivé, un horizon enrichi en argile en même temps qu'en sesquioxydes de fer. La structure de l'horizon A, à l'état sec, est massive ou compacte et sa cohésion est forte si sa texture est fine (sable fin ou sable plus argile).

On distingue les sous-groupes: modal; à concrétions; induré; hydromorphe à pseudogley; remanié sur toute l'épaisseur de l'horizon A.

Seuls les sous-groupes les plus répandus, à savoir les sous-groupes à concrétions, indurés et hydromorphes à pseudogley, seront décrits.

*Sous-groupe à concrétions*

**Description:** Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions s'observent généralement en position haute sur le versant et sur les plateaux. Ils sont caractérisés par la présence de concrétions ferrugineuses au sein du profil. Selon les cas, les concrétions peuvent être observées à l'intérieur des profils ou dans les horizons de surface. La présence de charge graveleuse confère au sol une texture légère. Les sols sont généralement sableux en surface avec des taux de sable atteignant parfois 80 pour cent en surface. La macroporosité est très importante. Les sols sont très perméables et très filtrants en surface. Si les concrétions apparaissent au sein du profil celles-ci tendent parfois à se prendre en masse et deviennent ainsi de la carapace. Dans le matériau concrétionné la matrice peut devenir sablo-argileuse ou parfois argilo-sableuse. Sous les horizons concrétionnés, on rencontre souvent un horizon argilifié gris à gris verdâtre qui repose sur une altérite assez hétérogène reflétant la composition de la roche-mère.

**Valeur agricole:** Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions sont de valeur agricole moyenne. Ils sont moyennement profonds. Ils sont intensément cultivés à travers tout le pays. On y pratique toutes les cultures vivrières de même que certaines cultures de rente comme le coton. Selon les régions, ces sols portent les cultures de maïs, de sorgho, de mil, de niébé, d'arachide, du voandzou et parfois de l'arboriculture fruitière.

Les principales **contraintes de mise en valeur** sont la faible capacité de rétention en eau, le dessèchement rapide, la fertilité chimique faible à moyenne, la faible teneur en matière organique, la profondeur moyenne, leur susceptibilité à l'érosion.

*DESCRIPTION DE PROFIL TYPE (Tetetou, Moyen Mono)*

- 0-20 cm (Etat sec) 10YR 4/3, texture limono-sableuse, structure grumeleuse, fragile à peu fragile, très poreux, enracinement abondant, activité biologique bonne, présence de concrétions ferrugineuses et graviers de quartz.
- 20-50 cm (Etat sec) 10YR 5/6: texture sablo-argileuse à argilo-sableuse, graveleux, nombreuses concrétions et graviers de quartz, structure particulière, poreux, fragile, perméabilité modérée à rapide, enracinement peu abondant, activité biologique bonne, présence de taches d'oxydo-réduction.
- 50-90 cm (Etat frais) 7,5YR 4/4: texture argileuse, graveleux, structure particulière, meuble, perméabilité assez rapide, enracinement peu abondant, quelques racelles, nids de termites, activité biologique bonne.
- 90-120 cm (Etat humide) 7,5YR 6/8, texture limono-argilo-sableuse, présence de concrétions et graviers de quartz, structure polyédrique, porosité faible, peu friable, peu collant, perméabilité modérée, enracinement peu abondant, présence de nombreuses taches grises.

## RÉSULTATS ANALYTIQUES (Tetetou, Moyen Mono)

SOLS ET CARACTÉRISTIQUES	SOL FERRUGINEUX TROPICAL LESSIVÉ À CONCRÉTIONS			
	0-20	20-50	50-90	90-120
Profondeur en cm				
Granulométrie en pour cent				
Eléments > 2 mm	17,97	79,27	71,80	37,23
Argile	11,00	39,00	44,5	29,25
<i><b>Limon fin</b></i>	6,25	6,50	13,25	16,25
Limon grossier				
Sable fin	8,33	5,50	4,52	5,60
<i><b>Sable grossier</b></i>	35,15	14,47	10,50	15,67
Matière organique pour cent				
Matière organique	2,0	1,6	1,4	
<u><b>Carbone C</b></u>	1,16	0,96	0,83	
Azote total N	0,10	0,12	0,11	
<i><b>C/N</b></i>	10	7	7	
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en ppm</b>				
Total	166	224	52	80
Assimilable	5,7	8,3	8,3	9,6
Complexe adsorbant en méq / 100 g				
Ca	4,72	3,63	2,92	3,66
Mg	2,00	3,20	4,27	4,09
K	0,20	0,24	0,23	-
Na	0,06	0,08	0,14	
Somme de bases s.m.e. / 100 g	6,99	7,16	7,56	
Capacité d'échange CEC m.e. / 100 g	8,87	14,25	17,62	12,75
Saturation $V = \frac{S \times 100}{CEC}$	78	50	43	-
<b>pH</b>				
Eau	6,8	6,6	6,6	6,7
KCl	5,9	4,9	4,3	4,5

*Sous groupe induré*

Les sols de ce sous-groupe s'observent sur les mêmes positions topographiques que les ferrugineux à concrétions. Les profils présentent les mêmes morphologies dans les horizons supérieurs. Ces derniers sont soit sableux ou sablo-argileux ou sablo-graveleux en surface. Les horizons de profondeur peuvent être gravillonnaires avec une matrice sablo-argileuse ou argilo-sableuse. Le contact avec l'horizon induré est généralement brutal.

**Valeur agricole:** L'utilisation de ces sols et leur aptitude à porter les cultures est fonction de la profondeur d'apparition de la cuirasse. Si la cuirasse est proche de la surface du sol, ce dernier, compte tenu de la texture des horizons de surface, peut être très filtrant et posséder ainsi une faible capacité de réserve en eau. Dans ce cas la gamme des cultures à pratiquer se limite aux cultures à enracinement peu profond. Par contre, si la cuirasse apparaît au delà de 60-80 cm de profondeur et si les horizons surmontant celle-ci présentent un gradient croissant d'argile, le sol en ce cas peut répondre à une gamme variée de cultures.

Les cultures couramment rencontrées sont les cultures vivrières: maïs, mil, sorgho, arachide, niébé, voandzou, et parfois le coton. Si la cuirasse est au delà de 90-100 cm, le sol peut supporter de l'arboriculture fruitière.

**Contraintes de mise en valeur:** profondeur limitée par la cuirasse; faible capacité de rétention en eau si les horizons sont riches en sable; faible taux de matière organique; fertilité chimique faible à moyenne.

#### DESCRIPTION DE PROFIL TYPE (Adjarte, Kara)

- 0-20 cm (Etat sec) 10YR 4/4, limon sableux, matière organique, humus, structure grumeleuse, nette, meuble, oxydes et hydroxydes rares de fer en concrétions, activité biologique bonne, forte porosité, nombreuses racines, transition sur 3 cm, régulière.
- 20-35 cm (Sec) 10YR 4/4, matière organique, humus, limon, structure polyédrique nette, peu compact, peu fragile; oxydes et hydroxydes rares de fer en concrétions, nombreuses racines, traces d'activité biologique, poreux, transition sur 4 cm, régulière.
- 35-50 cm (Etat sec) 10YR 6/8, texture, limon, non organique, structure continue à éclat anguleux net, peu compact, peu fragile, oxydes et hydroxydes abondants de fer en concrétions, traces d'activité biologique, rares racines, poreux, transition sur 2 cm, ondulé.
- > 50 cm (Etat sec) très compact, non fragile, oxydes et hydroxydes très abondants de fer sous forme de cuirasse.

#### RÉSULTATS ANALYTIQUES (Adjarte, Kara)

SOLS ET CARACTÉRISTIQUES	SOL FERRUGINEUX TROPICAL LESSIVÉ INDURÉ		
	0-20	20-35	35-50
Profondeur en cm			
Granulométrie en pour cent			
Eléments > 2 mm	11,31	14,34	38,77
Argile	13,00	19,50	15,50
<i>Limon fin</i>	17,75	19,00	21,25
Limon grossier	15,30	6,96	9,06
Sable fin	16,52	8,38	12,09
<i>Sable grossier</i>	36,31	43,17	40,81
Matière organique pour cent			
Matière organique	2,0	0,7	0,6
Carbone C	1,16	0,40	0,40
Azote total N	0,06	0,04	0,05
C / N	18	10	7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en ppm			
Total	122	136	104
Assimilable	22	9	9

Complexe adsorbant en méq / 100 g

Ca	4,64	4,16	4,5
Mg	1,65	3,0	5,5
K	0,78	0,33	0,20
Na	0,034	0,08	0,08
Somme de bases s.m.e. / 100 g	7,11	7,54	10,35
Capacité d'échange CEC méq / 100 g	8,75	8,37	12,62
Saturation $V = S \times 100 / CEC$	81	90	82
pH			
Eau	6,8	6,3	6,20
KCl	5,8	5,10	5,20

*Sous groupe hydromorphe à pseudogley*

Il s'agit généralement de sols observés surtout sur les versants. Ils présentent une texture sableuse ou sablo-argileuse en surface devenant de plus en plus argileuse en profondeur. Le taux croissant d'argile dans les horizons de profondeur rend ces derniers de plus en plus imperméables. Il se crée ainsi une hydromorphie temporaire dans les horizons de profondeur avec l'apparition de pseudogley. Le pseudogley se traduit par la présence de fer sous forme de taches rouilles. Le fer subit l'influence du mouvement de la nappe. Pendant la saison des pluies, il se crée des conditions d'anaérobiose qui mettent le fer à l'état réduit et en saison sèche, après le retrait de la nappe, le milieu devient aéré et le fer se réoxyde.

Ils sont moins répandus par rapport aux sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions et aux sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés.

**Valeur agricole:** Du point de vue utilisation, les sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley présentent une bonne capacité de rétention en eau, surtout dans les horizons inférieurs, et sont aptes à porter toutes les cultures tant vivrières qu'industrielles (maïs, mil, sorgho, arachide, igname, coton, arboriculture fruitière, palmier à huile etc...)

**Contraintes de mise en valeur:** Risque de dessèchement des horizons de surface; faible taux de matière organique; fertilité chimique faible à moyenne; risque d'excès d'eau dans les horizons de profondeur.

DESCRIPTION DE PROFIL TYPE (Binah)

- 0-45 cm 10YR 4/4 (état sec), sablo-argileux, structure grumeleuse, friable à peu dure, porosité bonne, enracinement abondant, activité biologique bonne, présence de graviers et concrétions ferrugineuses, horizon uniforme à passage distinct.
- 45-110 cm 10YR 6/8, (état sec), sablo-argileux, graveleux, structure particulière, porosité moyenne, friable, enracinement faible, perméabilité moyenne, présence de taches rouilles d'hydromorphie, horizon uniforme à passage distinct.
- 110-130 cm + 10YR 6/6 (état sec), argilo-sableux, structure polyédrique grossière, consistance très dure, cohésion forte, perméabilité lente, porosité faible, larges fentes de retrait verticales, présence de graviers, taches rouilles et noires, enracinement nul.

## RÉSULTATS ANALYTIQUES (Binah)

SOLS ET CARACTÉRISTIQUES	SOL FERRUGINEUX TROPICAL LESSIVÉ HYDROMORPHE À PSEUDOGLEY		
	0-45	45-110	110-130
Profondeur en cm			
Granulométrie en pour cent			
Eléments > 2 mm	67,11	54,83	4,82
Argile	14,25	42,25	47,25
<i><b>Limon fin</b></i>	10,25	14,25	17,50
Limon grossier	13,80	7,60	9,06
Sable fin	29,38	11,40	11,44
<i><b>Sable grossier</b></i>	31,40	23,62	12,9
Matière organique pour cent			
Matière organique	1,78	0,60	-
<u><b>Carbone C</b></u>	1,04	0,35	
Azote total N	0,07	0,04	
C/N	15	10	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en ppm			
Total	0,032	0,07	0,06
Assimilable	0,003	-	0,001
Complexe adsorbant en méq / 100 g			
Ca	7,5	8,7	12,9
<u><b>Mg</b></u>	0,9	2,34	2,04
K	0,07	0,12	0,13
Na	0,10	0,05	0,05
Somme de bases s.m.e. / 100 g	8,57	11,27	15,12
Capacité d'échange CEC méq / 100 g	12,00	16,6	17,80
Saturation V = S x 100 / CEC	71	67	84
pH			
Eau	6,4	7,2	7,4
KCl	5,2	5,8	5,6

**Groupe appauvri**

Ce groupe comporte uniquement deux sous-groupes. Il s'agit des sous-groupes modal et hydromorphe à pseudogley.

Ces sous-groupes sont peu répandus. Les appauvris rencontrés sont souvent des appauvris sur cuirasse ferrugineuse.

Les appauvris indurés sont observés sur plateaux et sont caractérisés par la présence d'une couche assez importante de sable reposant directement sur la cuirasse. Le taux de sable est presque constant dans le profil.

**Valeur agricole:** Ces sols sont exploités en cultures vivrières (maïs, mil, sorgho, niébé) avec des rendements souvent faibles. On y rencontre souvent de l'arachide.

Les principales **contraintes de mise en valeur** sont: très faible capacité de rétention en eau; sols très filtrants; dessèchement rapide; faible taux de matière organique; faible fertilité chimique; profondeur parfois faible (< 100 cm).

Ils sont caractéristiques de certains plateaux de la région des Plateaux ,entre autres le plateau de Glécové et de Gadjagan dans le Kloto et les plateaux d'Amoutchou et d'Akparé dans l'Ogou.

DESCRIPTION DE PROFIL TYPE (Tobosse, Gleï)

- 0-20 cm (Etat frais) 10YR 3/2, sableux à sable grossier, structure grumeleuse moyenne, poreux, friable, perméabilité très rapide, nombreuses racines et radicelles, pénétration racinaire très bonne, horizon uniforme, passage progressif.
- 20-35 cm (Etat frais) 10YR 4/4, sableux à sable grossier, structure particulière, meuble, perméabilité très rapide, peu nombreuses radicelles, activité biologique intense, horizon uniforme, passage progressif.
- 35-95 cm (Etat frais) 10YR 4/6, sableux à sable grossier, structure particulière, meuble, perméabilité très rapide, quelques fines radicelles, activité biologique faible, horizon uniforme, passage distinct.
- > 95 cm Cuirasse ferrugineuse.

RÉSULTATS ANALYTIQUES (Tobosse, Gleï)

SOLS ET CARACTÉRISTIQUES	SOL FERRUGNEUX TROPICAL APPAUVRI INDURÉ		
	0-20	20-35	35-95
<b>Profondeur en cm</b>			
Granulométrie en pour cent			
Eléments > 2 mm	3,55	9,44	12,28
Argile	2,75	2,75	2,5
<i>Limon fin</i>	2,5	1,25	3,00
Limon grossier	3,30	1,37	3,17
Sable fin	20,03	10,78	15,23
<i>Sable grossier</i>	67,36	81,02	73,75
Matière organique pour cent			
Matière organique	1,3	0,3	0,1
Carbone C	2,75	0,16	0,07
Azote total N	0,04	0,02	0,01
C / N	18	8	5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en ppm			
Total	0,04	0,06	0,06
Assimilable	traces	traces	traces
Complexe adsorbant en méq / 100 g			
Ca	0,66	1,08	1,08
Mg	3,00	0,72	0,6
K	0,07	0,02	0,040
Na Somme de bases s.m.e. / 100 g	0,30	0,34	0,20

	Capacité d'échange CEC m.e. / 100 g	0,15	2,04	1,92
	Saturation $V = \frac{S \times 100}{CEC}$	5,10	3,40	3,60
		79	60	53
pH				
	Eau	6,1	6,3	6,1
	KCl	4,8	4,9	4,7

### Sols ferrallitiques

Le concept central de la classe, applicable à l'ensemble des sols ferrallitiques, est caractérisé par une altération complète des minéraux primaires (péridotes, pyroxènes, grenats, amphiboles, feldspaths, feldspathoïdes, micas etc.), avec possibilité de minéraux hérités tels que: ilménites, magnétite, zircon, illite, abondance de quartz résiduel, élimination de la majeure partie des bases alcalino-terreuses, d'une grande partie de la silice. Ils se caractérisent également par la présence en abondance des produits de synthèses suivants: silicate d'alumine 1/1, famille de la kaolinite; des hydroxydes d'alumine (gibbsite et produits amorphes); hydroxydes et oxydes de fer (goethite, hématite et produits amorphes); autres minéraux tels que leucocène, bioxyde de manganèse etc.

Un profil A B C comprend: un horizon A où la matière organique est bien évoluée; un horizon B, le plus souvent épais, où les minéraux primaires outre que le quartz sont rares ou absents et où les minéraux précédemment énumérés sont essentiels; un horizon C variable qui dépend pour beaucoup de la roche-mère; quelle que soit l'épaisseur (quelques centimètres ou 20 cm), cet horizon est caractérisé par des matériaux complètement altérés et s'écrasant sous la pression des doigts.

L'abondance de la pluie détermine en outre l'apparition des caractéristiques physico-chimiques suivantes: capacité d'échange faible, qu'elle soit mesurée sur l'argile ou sur le sol total, en raison des constituants kaoliniques et des sesquioxides; quantité de bases échangeables faible; degré de saturation variable, mais généralement faible.

En fonction du degré de saturation du complexe adsorbant en B, on distingue les sous-classes des sols fortement désaturés (V autour de 20 pour cent), moyennement désaturés (V = 20 à 40 pour cent) et faiblement désaturés (40-80 pour cent)

Ces sols sont suffisamment représentés au Togo. Dans la partie méridionale, ils couvrent une superficie de 4 000 km<sup>2</sup>, soit 7 pour cent de la superficie du pays, où ils sont appelés "terres de barre". Ailleurs sur le socle, ils couvrent plus de 40 pour cent des sols de la zone forestière (sud-ouest) de la partie méridionale du pays où ils sont généralement de profondeur moyenne et souvent remaniés. Ils sont également disséminés en îlots dans les autres parties du pays. Ils sont généralement de couleur rouge.

**Valeur agricole:** Ils ont une valeur agricole élevée. Dans la partie méridionale du pays, plus de 10 pour cent de la population du Togo vit des rendements de ces sols, soit près de 500 000 personnes. Les cultures rencontrées sont le maïs, le niébé, le manioc, le palmier à huile. Dans la zone forestière, ils sont exploités en café, cacao, cola et, accessoirement, en cultures vivrières (maïs, manioc, taro).

**Contraintes de mise en valeur:** Dans la partie méridionale, les principales contraintes sont dues à la faible teneur en matière organique et en éléments minéraux et aux risques de dessèchement des horizons de surface.

Dans la zone forestière, ces contraintes sont représentées par la faible capacité de rétention en eau à cause de la charge graveleuse, les risques de dessèchement des horizons de surface et d'érosion à cause des pentes souvent fortes, la teneur très moyenne en éléments minéraux.

*DESCRIPTION DE PROFIL TYPE* (Defale, Kara)

**Sol ferrallitique faiblement à moyennement désaturé**

- 0-10 cm (Etat frais) 10YR 5/4 (brun), sableux légèrement argileux, structure grumeleuse, peu stable, particulière à sec, consistance légèrement dure, poreux, perméable, enracinement abondant, horizon à épaisseur variable, passage net.
- 10-30 cm (Etat frais) 5YR 5/6 (rouge clair) sablo-argileux, structure polyédrique moyenne, poreux, perméable, légèrement collant, cohésion bonne, enracinement moyen, horizon à épaisseur variable, passage diffus.
- 30-95 cm (Etat frais) 5YR 5/8 (rouge), argilo-sableux, structure polyédrique bien développée, friable, poreux, perméable, légèrement collant, cohésion bonne, faible enracinement, horizon assez uniforme, passage diffus.
- 95-130 cm (Etat frais) 5YR 5/8 (rouge) argilo-sableux, structure polyédrique bien développée, poreux, friable, perméable, adhérent, assez cohérent, rares racines.

*RÉSULTATS ANALYTIQUES* (Profile Defale, Kara)

<b>SOLS ET CARACTÉRISTIQUES</b>	<b>SOL FERRALLITIQUE FAIBLEMENT À MOYENNEMENT DESATURÉ</b>			
	<b>0-10</b>	<b>10-30</b>	<b>30-95</b>	<b>95-130</b>
<b>Profondeur en cm</b>				
Granulométrie en pour cent				
Eléments > 2 mm	0,74	1,53	0	0
Argile	12,5	22,25	34,5	32,5
<b><i>Limon fin</i></b>	4,25	3,5	6,5	7,75
Limon grossier	17,92	15,75	14,91	15,66
Sable fin	54,74	46,80	35,23	35,62
<b><i>Sable grossier</i></b>	6,78	6,35	4,57	4,30
Matière organique pour cent				
Matière organique	1,07	1,02	0,45	-
<b><u>Carbone C</u></b>	0,622	0,593	0,622	
Azote total N	0,056	0,051	0,037	
<b><i>C / N</i></b>	11	11	7	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en ppm				
Total	0,057	0,109	0,109	
Assimilable	traces	traces	traces	
Complexe adsorbant en méq / 100 g				
Ca	1,37	1,90	0,816	0,008
<b><u>Mg</u></b>	0,9	1,29	0,61	0,91
K	0,42	0,52	0,48	0,35
Na	0,13	0,19	0,10	0,04

Somme de bases s.m.e. / 100 g	2,82	3,92	2,02	2,3
Capacité d'échange CEC m.e. / 100 g	2,70	4,70	5,20	4,60
Saturation $V = S \times 100 / CEC$	104	83	38	50
pH				
Eau	6,1	5,9	5,2	5,4
KCl	4,9	4,5	4,1	4,0

### Sols hydromorphes

Ce sont des sols dont les caractères sont dus à une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau en raison d'un engorgement temporaire ou permanent d'une partie ou de la totalité du profil. Cet excès d'eau peut être dû soit à la présence ou à la remontée de la nappe phréatique, soit au manque d'infiltration des eaux pluviales provoquant une nappe perchée ou un engorgement de surface.

L'hydromorphie se traduit, selon les conditions d'anaérobiose, par une accumulation de matière organique de type tourbeux, anmoor, hydromor, hydromoder, hydromull et/ou par la présence de gley ou pseudogley. Elle peut être accompagnée, de manière irrégulière, par une redistribution de calcaire, de gypse et parfois de l'induration de ces éléments.

Le principe retenu pour la définition de la classe est l'importance du caractère d'hydromorphie qui doit être suffisamment marqué et affecter la majorité du profil pour constituer l'élément essentiel de la pédogenèse. Dans le cas contraire, ce caractère apparaît au niveau de la sous classe ou du groupe.

La sous-classe fait intervenir la teneur en matière organique, cette dernière résultant de l'intensité de l'hydromorphie qui entraîne des conditions plus ou moins intenses d'anaérobiose.

Le groupe tient compte de l'intensité du phénomène de décomposition de la matière organique ou de la réduction et redistribution du fer.

Les sols hydromorphes couramment rencontrés au Togo sont les sols hydromorphes minéraux peu humifères et hydromorphes à pseudogley. L'hydromorphie n'aboutit jamais à des accumulations organiques mais se traduit par des caractères morphologiques (couleur souvent rouille d'oxydo-réduction pouvant remonter dans les horizons de surface).

Bien que leur superficie ne soit pas connue, les sols hydromorphes se retrouvent sur toute l'étendue du territoire, sur les versants, dans les bas de pente, dans les dépressions, le long de petits cours d'eau, dans les bas-fonds.

**Valeur agricole:** L'exploitation de ces sols est essentiellement liée à leur texture. Dans les sols hydromorphes à horizons de surface argileux ou limoneux, l'inondation pendant la période pluvieuse se fait très rapidement. Les eaux se retirent très vite dès le début de la saison sèche. Ces types de sols ne peuvent être exploités que pendant la grande saison pluvieuse. La principale culture est le riz associé parfois au maraîchage.

Sur les sols hydromorphes à texture sableuse dans les horizons de surface, les nappes s'installent progressivement. Le sol n'est complètement inondé qu'au milieu de la saison des pluies. A la fin des pluies les nappes se retirent très lentement. Ce retrait peut s'effectuer pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois, en fonction de l'épaisseur du sable. Ces types de sols sont caractéristiques de certains bas-fonds et de certains versants. Ils offrent plus

de possibilités de mise en valeur que les précédents. En fonction de la pluviométrie, on peut y cultiver du maïs précoce dès les premières pluies, du riz au milieu de la saison des pluies et des légumineuses (niébé, arachide, etc.) à la fin des pluies ou en contre-saison. Les sols hydromorphes sont potentiellement très bons et très recherchés car ils offrent les garanties d'eau, donc la possibilité de sécuriser la production agricole, surtout vivrière. La mise en valeur reste toutefois liée à la pression démographique et au calendrier agricole des paysans.

**Contraintes de mise en valeur:** faible teneur en matière organique; fertilité chimique faible à moyenne; risque d'inondation des cultures en début de saison des pluies ; risque de dessèchement des horizons de surface en contre-saison ; diversification de cultures limitées pour certains sols.

*DESCRIPTION DE PROFIL TYPE (Binah)*

- 0-20 cm (Etat frais) 10YR 4/3, taches d'hydromorphie 10YR 5/6, sableux, faiblement limoneux, structure massive, consistance meuble, nombreuses taches d'hydromorphie, enracinement abondant, très poreux, perméabilité bonne, quelques rares concrétions de fer, horizon uniforme à passage graduel.
- 20-40 cm (Etat frais) 10YR 5/4, taches 10YR 5/8, sablo-limoneux, structure massive, consistance meuble, nombreux macropores, perméabilité bonne, enracinement nul, horizon uniforme à passage distinct.
- 40-70 cm (Etat humide) 10YR 3/3, taches 10YR 6/6, "loam" sableux, structure massive, peu plastique, peu collant, enracinement nul, perméabilité modérée, quelques pores, nombreuses taches d'hydromorphie, présence de quelques concrétions ferrugineuses.
- 70-95 cm Très humide, prélevé non décrit.

*RÉSULTATS ANALYTIQUES (Binah)*

SOLS ET CARACTÉRISTIQUES	SOLS HYDROMORPHES PEU HUMIFÈRES À PSEUDOGLEY DE SURFACE			
	0-20	20-40	40-70	70-95
<b>Profondeur en cm</b>				
Granulométrie en pour cent				
Eléments > 2 mm	9,02	5,38	14,16	6,071
Argile	9,50	14,25	15,25	16,75
<b>Limon fin</b>	3,50	5,00	7,25	6,00
Limon grossier	14,65	15,40	16,15	15,26
Sable fin	49,05	47,25	33,71	42,53
<b>Sable grossier</b>	22,08	17,20	25,95	17,84
Matière organique pour cent				
Matière organique	0,21	0,15		
Carbone C	0,123	0,092	-	
Azote total N	0,016	0,015	-	
C / N	7	6		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en g pour cent				
Total	0,16	0,05	0,054	0,07
Assimilable	0,003	traces	traces	traces

Complexe adsorbant en méq / 100 g				
Ca	4,7	5,4	6,18	6,84
Mg	1,86	3,24	2,88	3,9
K	0,023	0,03	0,03	0,046
Na	0,05	0,05	0,05	0,10
Somme de bases s.m.e. / 100 g	6,67	8,78	9,14	10,89
Capacité d'échange CEC méq / 100 g	8,20	10,8	10,7	12,10
Saturation $V = S \times 100 / CEC$	81,4	81,31	85,4	90
pH				
Eau	6,3	6,9	7,10	7,2
KCl	5,00	5,4	5,5	5,35

### CORRÉLATION DES SOLS DOMINANTS AVEC LA BRM

Profils types et caractéristiques				Equivalents BRM
Sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions				
Profondeur (cm)	0-20	20-50	50-90	Luvisols dystri-ferriques
CEC/méq/100g A	63	18	17	
V pour cent	78	50	43	
Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés				
Profondeur (cm)	0-20	20-35	35-50	Luvisols épi-pétri-ferriques (eutriques)
CEC/méq/100g A	53	50	26	
V pour cent	81	90	82	
Sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley				
Profondeur (cm)	0-45	45-110	110-130	Luvisols ando-gleyi-ferriques
CEC/méq/100g A	61	26	32	
V pour cent	71	67	84	
Sols ferrugineux tropicaux appauvris indurés				
Profondeur (cm)	0-20	20-35	35-95	Arénosols dystriques (non typiques)
CEC/méq/100g A	145	73	80	
V pour cent	79	60	53	
Sols ferrallitiques faiblement à moyennement désaturés				
Profondeur (cm)	0-10	10-30	30-95	Ferralsols rhodiques
CEC/méq/100g A	22	18	6	
V pour cent	104	83	38	
Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley				
Profondeur (cm)	00-20	20-40	40-70	Gleysols eutriques
CEC/méq/100g A	70	63	59	
V pour cent	81	81	85	

### OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LE SYSTÈME DE CLASSIFICATION ACTUELLEMENT UTILISÉ ET LA BRM

Le système actuellement utilisé au Togo est la classification CPCS (1967), délaissée par ses auteurs et remplacée par un référentiel bien élaboré pour les sols d'Europe. En ce qui concerne les sols africains et surtout tropicaux, beaucoup d'efforts restent à faire de la part des africains

qui sont les premiers utilisateurs. Un certain nombre de pays utilisent des classifications locales adaptées aux besoins de leur pays. Au niveau du Togo, les activités de cartographie ont connu un certain ralentissement ces dernières années. Nous pensons que par rapport à la classification CPCS, la Base de référence mondiale pour les ressources sols a le mérite de prendre en compte tous les sols du monde. Les clés d'identification sont assez bien définies, même si pour certains types de sols on éprouve quelques difficultés à les situer, par exemple en ce qui concerne les sols ferrugineux appauvris indurés. A terme, et avec certains aménagements, cette base de données devrait s'imposer dans tous les pays.

Au niveau du Togo, l'organisation, avec le soutien de la FAO, d'un atelier national sur l'utilisation de la Base de référence mondiale est vivement souhaitée.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Ahliidza, K.** 1986. *Description et analyse d'échantillons de sols sur les parcelles du projet "Culture Attelée" dans la région de la Kara.* INS/DECS 1986.
- Allaglo, K. et Yawovi, V.** 1977. *Etude des sols des aires pilotes du projet TOG/74/001, zone de la Binah* (cir. Ad de Pagouda, 58 p. + annexe).
- Denanyo, H.K.** 1978. *Etude des sols de la Région de Tobosse, zone de Gléi,* 9 p.
- ISSS/ISRIC/FAO.** 1999. *Base de référence mondiale pour les ressources en sols.* Rapport sur les ressources en sols du monde No 84. FAO
- Levêque, A.** 1979. *Carte pédologique du Togo à 1/200 000. Socle granito-gneissique limité à l'ouest et au nord par les Monts-Togo.* Notice Explicative N° 82. Paris 77 p.
- Millette, G., Vieillefon, J. et al.** 1964. *Etudes pédo-hydrologiques au Togo. Vol II. Les sols de la région Maritime et de la région des Savanes.* FAO/SF: 13/TO 240 p. + planches.
- Nutsuga, A. et A. Mathia.** 1982. *Etude Agropédologique dans la sous préfecture du Moyen-Mono en vue de l'installation des champs semenciers.* DEPEG (62 p. + annexe).
- Yaovi, V., et K. Abalo.** 1982. *Etude pédologique du Centre d'appui technique aux irrigations à Toutou (Région des Plateaux).* DEPEG. 34 p. + annexes.



# La Base mondiale de données sur les sols: avantages et faiblesses pour la connaissance et l'utilisation des milieux édaphiques au Burkina Faso

## RÉSUMÉ

L'analyse des faiblesses et avantages de la Base de référence mondiale (BRM) a été effectuée à partir des caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques de neuf types de sols dont les profils ont été obtenus dans les parties nord, est et ouest du Burkina Faso. Il s'agit de: leptosol leptique, arénosol gleyique-endo-abruptique, vertisol pelli-eutrique, cambisol eutrique, cambisol vertique endogleyique, luvisol ferrique, ferralsol rhodique, gleysol endocalcique-eutrique, solonetz épigleyique. Cette analyse a mis en évidence un certain nombre de difficultés d'application, à savoir: langage savant; relative importance des données analytiques; manque de corrélation entre les unités des paramètres analytiques; nombre élevé des unités de deuxième niveau; non prise en compte suffisante des caractères particuliers; non adaptation de la BRM au contexte local.

Néanmoins, elle présente également des avantages certains: caractère fédérateur; adoption du référentiel comme système de classification; possibilité de création d'une base de données sur les sols; identification plus précise des différents groupes de sols; prise en compte de la mise en valeur des terres par la BRM.

Par ailleurs, en ce qui concerne la connaissance des sols et de leur aptitude, ce système présente une plus grande possibilité opérationnelle comparativement à la classification CPCS communément utilisée dans la sous-région. Il permet entre autres de mettre en évidence, au niveau des dénominations proposées, les contraintes et potentialités de la plupart des sols, favorisant ainsi une prise de décision plus rationnelle dans le cadre de programmes régionaux.

## INTRODUCTION

Les premières études pédologiques réalisées au Burkina Faso datent des années 1955. Ces études ont été menées par l'ORSTOM. Par la suite, les pédologues ont été formés par l'Ecole française de pédologie et le système de classification français (CPCS, 1967) a été le plus utilisé dans les différentes études de sols réalisées à diverses échelles. A partir des années 80, des tentatives de corrélation des sols avec la Légende FAO ont été faites. Cependant la CPCS est restée le système de référence, adapté progressivement selon les besoins pour tenir compte des réalités du contexte pédologique du pays.

Les nombreuses études effectuées ont permis la cartographie et l'évaluation des terres de plus de 70 pour cent de la superficie du pays. Une importante base potentielle de données est

*R. Kissou, Bureau national des sols, L. Thiombiano, Institut d'études et de recherches agricoles, et A. K. Nébié, A. Semde et K. J. Yago, Bureau national des sols*

par conséquent disponible. Des tentatives de structuration de ces données ont été effectuées avec le système STIPA mais sont restées timides et peu productives du fait de la complexité de ce système et de son caractère non consensuel à l'échelle internationale.

Des critiques ont souvent été formulées par les utilisateurs des cartes et rapports, qui ont mis en évidence la nécessité d'une meilleure compréhension du langage pédologique. Elles ont conduit, dans les années 80, au développement de systèmes de classification fondés sur l'éthnopédologie (Thiombiano, 1995). Cela afin de mieux tenir compte de l'environnement socio-culturel des utilisateurs potentiels des études.

Dans ce contexte, avec l'élaboration de la BRM et la recommandation de son utilisation par les spécialistes du sol à l'échelle mondiale, il apparaît important d'analyser ses avantages et ses inconvénients et de dégager son potentiel en tant qu'instrument pour l'évaluation des terres et leur mise en valeur en vue de la sécurité alimentaire.

Les profils de sols choisis pour cette analyse se situent dans les zones nord, est et ouest du pays.

#### **PRINCIPAUX SOLS DOMINANTS AU BURKINA FASO**

Le Burkina Faso, d'une superficie de 274 000 km<sup>2</sup>, est caractérisé par une hétérogénéité pédologique due à la longue évolution géomorphologique et à la diversité de la couverture géologique. Les études déjà réalisées, notamment par l'ORSTOM, la SOGREAH, la SOGETHA, l'INERA et le BUNASOLS, distinguent neuf classes de sols dominants selon la terminologie CPCS (1967) dont une synthèse des caractéristiques morphologiques et physico-chimiques est présentée ci-après. La description des profils types et les données d'analyses sont en annexe.

##### ***Classe des sols minéraux bruts***

**Localisation:** ces sols n'ont pas de localisation spécifique. Ils sont disséminés sur toute l'étendue du territoire et représentent 3 pour cent de la superficie totale du pays.

**Caractéristiques morphologiques:** les sols minéraux bruts s'observent sur les cuirasses ou les formations superficielles n'ayant pas encore subi ou ne pouvant pas subir une évolution pédologique.

##### ***Classe des sols peu évolués***

**Localisation:** les plus représentés sont les sols peu évolués d'érosion. A l'instar des sols minéraux bruts, ils se rencontrent partout. Mais ceux qui présentent un faciès basique sont spécifiques à certaines régions comme le Poni, le Mouhoun; ils couvrent 26 pour cent de la superficie totale.

**Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques:** les sols peu évolués présentent un profil peu différencié dans lequel l'horizon humifère passe au matériau originel par une transition plus ou moins rapide. Cette faible évolution du profil est due soit à un impact peu prononcé du climat soit à l'action de l'érosion qui freine les processus d'altération des matériaux en profondeur. Ce sont par conséquent des sols peu profonds (40 cm). L'érosion hydrique est très active en raison de leur position physiographique (talus à forte pente, chanfrein). Sur le plan

chimique, les sols peu évolués gravillonnaires sont pauvres en matière organique, en azote et en phosphore. En revanche, ceux qui ont un faciès basique possèdent une bonne richesse minérale.

#### ***Classe des vertisols***

**Localisation:** les vertisols se rencontrent particulièrement dans les provinces du Sourou, du Nahouri, du Sanguité, du Boulgou, du Gourma, et du Zoundwéogo. Ils représentent 6 pour cent de la superficie totale.

**Caractéristiques morphologiques:** les vertisols se développent sur des roches basiques ou sur des alluvions ou colluvions issues de substratum basique. Ce sont des sols profonds (> 120 cm), de couleur sombre. La texture est généralement fine. Les éléments structuraux sont prismatiques ou cubiques, parfois polyédriques angulaires. Ils se gonflent et se rétractent selon la variation de leur teneur en eau. En saison sèche, ils se reconnaissent par leur surface mamelonnée et par les larges fentes de dessiccation et la présence d'un relief gilgai. Les teneurs en eau utile sont généralement satisfaisantes. Ils sont riches en bases échangeables ( $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ ), ce qui leur confère un pH neutre à légèrement alcalin. Cependant ces sols sont pauvres en matière organique, en azote, phosphore et en potassium.

#### ***Classe des sols isohumiques***

**Localisation:** les sols isohumiques sont représentés au Burkina par les sols bruns sub-arides localisés dans le nord du pays. Ils se rencontrent sur les ergs fixés et dans les dépressions.

**Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques:** ce sont des sols profonds à moyennement profonds, se développant sur des roches cristallines et métamorphiques basiques ou sur des roches sédimentaires calcaires. Leur teinte dominante est généralement rouge en raison de l'altération très poussée des minéraux. La structure est polyédrique en surface, polyédrique à prismatique dans les horizons de profondeur. La texture est grossière sur les ergs mais fine dans les dépressions. Sur le plan chimique, ils sont pauvres en matière organique. Cette dernière est uniformément répartie dans la première moitié du profil. Ils sont riches en calcium et magnésium. Parfois, les teneurs en sodium peuvent être relativement élevées.

#### ***Classe des sols brunifiés***

**Localisation:** les sols bruns se rencontrent dans la partie ouest, sud-ouest, centre-nord, nord-ouest et est du pays. Ils représentent 6 pour cent de la superficie totale.

**Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques:** ce sont des sols profonds (> 120 cm) se développant principalement sur des roches birrimiennes. Ils sont brun foncé dans l'ensemble du profil. La texture est moyenne à fine. La structure est polyédrique mais parfois prismatique en profondeur où s'observent souvent des caractères vertiques (slickensides).

Ces sols ont une bonne teneur minérale, limitée toutefois par des carences en azote, en phosphore et en potassium.

#### ***Classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse***

**Localisation:** au Burkina, c'est la sous-classe des sols ferrugineux tropicaux qui est la plus répandue (39 pour cent).

**Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques:** les sols ferrugineux tropicaux se caractérisent par une individualisation des sesquioxydes de fer et de manganèse qui leur confère une teinte se situant dans les gammes 7,5 YR et 10 YR, une structure massive des horizons A et B, une présence éventuelle d'horizon induré en cuirasse ou carapace, une décomposition rapide de la matière organique, une pauvreté en éléments minéraux.

#### *Classe des sols ferrallitiques*

**Localisation:** les sols ferrallitiques se développent sur des grès grossiers (grès à yeux de quartz) avec une pluviométrie comprise entre 1000 et 1200 mm. Ils se rencontrent dans l'ouest du pays, notamment dans les provinces du Houet, du Kéné Dougou, de la Comoé et dans la partie méridionale de la province du Mouhoun (Bondoukuy). Ils représentent 2 pour cent de la superficie totale.

**Caractéristiques physico-chimiques:** ce sont des sols épais pouvant atteindre 8 m de profondeur. Leur teinte généralement rouge jaunâtre, se situe dans les gammes 5 YR et 2,5 YR. Ils sont très friables et présentent une structure moyennement développée. La texture est moyenne.

Sur le plan chimique, ils se distinguent des sols ferrugineux par une altération très poussée des minéraux, une élimination des bases et une présence de l'aluminium échangeable. Ces caractéristiques expliquent leur réaction acide et leur faible taux de saturation. Ce sont donc des sols chimiquement pauvres.

#### *Classe des sols sodiques ou salsodiques*

**Localisation:** ces sols sont localisés dans le centre-sud, centre-nord et à l'est du pays. Ils occupent 5 pour cent de la superficie totale.

**Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques:** ce sont des sols compacts à structure instable. La texture est moyenne à fine. Ils contiennent une quantité importante de sodium échangeable, ce qui explique l'instabilité de la structure. Le pH est généralement alcalin.

#### *Classe des sols hydromorphes*

**Localisation:** les sols hydromorphes se rencontrent dans les différentes régions du pays aux alentours des fleuves importants (Mouhoun, Nakanbé, Nazinon), dans les lits majeurs des cours d'eau. Ils représentent 13 pour cent de la superficie du pays. Du point de vue importance, ils viennent en troisième position après les sols ferrugineux et les sols peu évolués.

**Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques:** ce sont des sols profonds (> 120 cm) dont l'évolution est dominée par l'action de l'excès d'eau de manière permanente ou temporaire. Ils sont de couleur brun grisâtre ou brun grisâtre clair avec des taches grises et rouilles liées respectivement à la réduction et à l'oxydation du fer.

La structure est généralement polyédrique subangulaire à angulaire faiblement développée. Cet état de la structure est un des corollaires de l'engorgement. La texture est moyenne à fine, ce qui leur confère une bonne disponibilité en eau.

En général, les teneurs en matière organique et azote sont moyennes mais celles en phosphore sont extrêmement faibles. Les pH sont moyennement à faiblement acides.

**ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LA CPCS ET LA LÉGENDE FAO: AVANTAGES ET FAIBLESSES IDENTIFIÉS**

Après corrélation (tableau 1) et analyse du contenu de la BRM, les commentaires suivants peuvent être formulés:

**Avantages**

- a) un des majeurs avantages de la BRM est son caractère fédérateur en tant qu'outil consensuel pour la dénomination des sols et sa prise en compte des autres logiques des systèmes de classification, tels la CPCS, la Légende FAO, la Soil Taxonomy. La prise en compte des dénominations déjà connues, notamment celles de la Légende FAO, permet à la BRM d'être un système de capitalisation de données connues et relativement familières, facilitant son utilisation. Elle ne constitue pas en soi un système fondamentalement nouveau et divergeant des systèmes reconnus sur le plan international;
- b) la Base de référence mondiale a été adoptée comme système de classification à l'échelle internationale par le 16<sup>ème</sup> Congrès mondial des sols tenu à Montpellier en 1998. Une recommandation expresse a été faite par le Conseil de l'UISS pour son utilisation par les différents organismes et structures travaillant dans le domaine de la science du sol;
- c) la BRM est constituée d'un système de clés, tout comme la flore, permettant l'identification des différents groupes de sols. Dans la démarche préconisée on procède à une élimination sur la base de la nature des horizons diagnostiques et des caractères diagnostiques.
- d) avec le développement du Système d'information géographique (SIG), la création d'une base de données sur les sols est fondamentale pour permettre une meilleure connaissance de l'environnement et des possibilités d'utilisation des ressources édaphiques. Dans ce contexte, la possibilité de codification des groupes de sols qu'offre la BRM est un avantage majeur. Les codifications proposées uniformisent le langage des sols et permettent les échanges de base de données pédologiques. A l'échelle des pays et des régions, deux lettres suffisent pour désigner ou caractériser un groupe de sols. La désignation des unités cartographiques en est plus simplifiée et confère une lisibilité internationale aux cartes des sols. Par exemple, une unité désignée « LV » peut être reconnue partout comme une unité de luvisols, ce qui constitue un progrès en comparaison avec la terminologie CPCS communément utilisée dans la région, dont les abréviations des noms de sols dépendent de chaque spécialiste.
- e) en ce qui concerne sa fonctionnalité, il est important de souligner que la BRM a pour finalité la mise en valeur des terres. Le nom du sol donne souvent des indications sur ses potentialités et les possibilités de son utilisation. C'est ce qui ressort notamment de la démarche d'identification des horizons et caractères diagnostiques.

**Inconvénients**

- a) malgré les multiples avantages soulignés précédemment, la BRM comporte un langage qui reste assez savant et de nombreux termes au niveau des adjectifs sont peu connus: acric, acroxic, arzic, densic, garbic, mazic;
- b) par ailleurs, les données analytiques occupent une place relativement importante malgré l'effort effectué pour une meilleure prise en compte des caractères morphologiques comparativement à la Légende FAO ou à la Soil Taxonomy. La relative prédominance des caractéristiques physico-chimiques peut constituer un frein pour son utilisation, notamment au champ;
- c) de même, les types d'analyses préconisées ne sont généralement pas ceux communément

**TABLEAU N° 1.**  
**Caractérisation et dénomination des sols dans trois systèmes de classification**

N°	Localisation / Profil	Classe	CPCS (1967) S/classe, groupe et sous groupe	FAO (1988) Légende révisée	BRM (1999)
1	Chaîne gréseuse du Gobnangou	Sol minéral brut	Lithosol sur grès	Leptosol lithique	Leptosol lithique
BRM7	Yobiri 11°46'08.3"N 01°42'57,5"E	Sol peu évolué	Sol peu évolué d'apport colluvial hydromorphe	Régosol eutrique	Arénosol gleyique–endo abruptique
BRM2	11°50'47,8"N 0°25'05,6"E	Vertisol	Vertisol à drainage externe possible, à structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs vertiques	Vertisol mazi-eutrique	Vertisol pellicule–eutrique
DORI 1	Sortie Dori-Ouaga Côté sud de la mare	Sol isohumique	Sol brun sub-aride vertique	Cambisol eutrique	Cambisol eutrique
BRM5	11°05'43"N 01°16'12"W	Sol brunifié	Sol brun eutrophe tropical hydromorphe vertique	Cambisol vertique endogleyique	Cambisol vertique – endogleyique
BOUD 1	10°28'59"N 01°16'12"W	Sol à sesquioxydes de fer et de manganèse	Sol ferrugineux tropical élevé à concrétions	Lixisol ferrique	Lixisol ferrique
DINDE 2	11°28'59"N 04°25'59"W	Sol ferrallitique	Sol ferrallitique faiblement désactivé remanié modal	Lixisol rhodique	Ferralsol rhodique
BRM8	11°34'38"N 01°27'42"E	Sol hydromorphe	Sol hydromorphe peu humifère à pseudogley de surface	Gleysol eutrique	Gleysol endocalcique – eutrique
P40	1km de Mani sur l'axe Mani-Bourgou	Sol sodique	Sol sodique à structure dégradée, à horizon blanchi, solonetz solodisé	Solonetz gleyique	Solonetz épigleyique

effectués. Aucune indication sur les possibilités de corrélation des données n'est fournie (cas de la CEC) en Centimol;

- d) le nombre élevé d'unités (209) ne favorise pas une mémorisation aisée;
- e) En outre, compte tenu de son caractère global, la non prise en compte suffisante des particularités risque d'entraîner une modification future ou tout au moins une adaptation de la BRM au contexte local. Cela sera d'autant plus justifié que très peu de spécialistes africains ont été associés à l'élaboration de ce système;
- f) pour les spécialistes africains la démarche d'élaboration a été plus une démarche *stop-down*. La non prise en compte suffisante du langage de la CPCS, largement utilisé dans la région dans les études passées, ne favorisera pas l'adoption de la BRM ;
- g) aucune référence ou mention n'est faite des classifications traditionnelles du point de vue de leur approche et de la philosophie qui sous-tend la démarche des utilisateurs de ce système.

#### IMPORTANCE DES DONNÉES PÉDOLOGIQUES RÉFÉRENCÉES POUR L'UTILISATION DES TERRES

##### Appel introductif

L'impact positif des données pédologiques de la Base de référence requiert que les praticiens de la science du sol, dans leurs actions quotidiennes de recherche au développement, intègrent

cette nouvelle approche. En effet, bon nombre d'entre eux, aussi bien dans les institutions publiques de l'Etat que dans les structures privées (ONG, bureaux d'études) font des études pédologiques en utilisant des systèmes de classification telles que la CPCS (1967) et, dans une moindre mesure, la Légende FAO. Beaucoup ignorent encore l'existence de la BRM quand bien même celle-ci s'inspire de la légende FAO. Fort heureusement, certaines structures, comme le BUNASOLS, ont déjà mis en place des cours de formation de leurs agents sur la BRM et sont sur le point d'intégrer cette nouvelle démarche dans leurs systèmes de classification des sols.

Pour donner plus d'ampleur à cet élan, des associations comme l'ASSOB et l'AOCASS, en collaboration avec toutes les structures intéressées, pourraient organiser des séminaires ou ateliers de formation avec des consultants spécialisés en BRM.

### **La BRM: outil important de caractérisation des sols**

Une cartographie utilisant la BRM présente l'avantage que les critères diagnostiques servant à définir les groupes et sous-unités se basent sur les propriétés morphologiques et physico-chimiques des sols, facteurs qui donnent des indications sur les possibilités ou non d'utilisation de ces sols à des fins agricoles, sylvicoles, pastorales. Les critères de définition des groupes et sous-unités portent sur une combinaison des caractéristiques des sols, de leurs propriétés et de leurs horizons diagnostiques.

Les propriétés des sols sont des combinaisons de caractéristiques influençant les processus actuels ou anciens de formation. Les propriétés diagnostiques reflètent les conditions spécifiques des sols. Par exemple:

- les propriétés aliqués indiquent un sol très acide, à taux élevé en aluminium échangeable, par conséquent à écarter pour les cultures sensibles à un pH bas et à la toxicité aluminique;
- les propriétés vertiques combinent une texture lourde, une argile gonflante de type 2/1, des faces de glissement, des fentes de dessiccation et une consistance très dure en période sèche, collante à l'état humide.

Les horizons, couches de quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur, possèdent une ou plusieurs propriétés spécifiques permettant de les caractériser et de les définir. Leurs combinaisons verticales constituent des sols.

### **Quelques exemples d'interprétation des qualités des sols avec la BRM**

Un ferralsol acri-gérique est un sol d'au moins 30 cm d'épaisseur, ayant une CEC relativement faible ( $< 4$  méq/100 g de terre), une texture grossière sablo-limoneuse en surface mais progressivement plus riche en argile avec la profondeur, un taux de saturation en bases inférieur à 50 pour cent dans au moins une partie de l'horizon B situé dans les 100 premiers cm de profondeur et dont la somme des bases échangeables est très faible ( $< 1,5$  méq/100 g). Un tel sol a pour contrainte principale la pauvreté chimique.

Un vertisol pelli-hypereutrique indique un sol ayant au moins 30 pour cent d'argile dans les 20 premiers cm, réunissant les propriétés vertiques (voir ci-dessus), ayant une couleur sombre et un taux de saturation supérieur à 80 pour cent entre au moins 20 et 100 cm de profondeur. Un leptosol lithique sera vu comme un sol limité, à faible profondeur (25 cm ou plus), par une roche dure et continue. La contrainte principale ici est la faible profondeur utile du sol.

En fin de compte, l'inventaire des données pédologiques selon la Base de référence mondiale permettra une évaluation plus aisée des ressources en terres et devrait donc être prise en considération au plus tôt par les praticiens. La codification des données selon un logiciel adapté présente un avantage évident en gain de temps et en qualité.

## CONCLUSION

La Base de référence mondiale apparaît comme un outil important pour la dénomination consensuelle des sols au plan international. Au plan national, son adoption en tant que système de référence est freiné par diverses difficultés qui vont du langage relativement savant utilisé à la référence quasi-constante aux données analytiques. Cependant elle présente de nombreux avantages en ce qui concerne l'harmonisation du langage pédologique, dans une démarche similaire à celle utilisée pour la flore. Sa lisibilité dans le domaine de l'aptitude culturale des sols est beaucoup plus importante que celle des dénominations fournies par la CPCS. Ce système facilite la création de la base de données pédologiques et permettra d'évoluer vers l'établissement de cartes des sols et d'aptitudes à différentes échelles (nationales et sous-régionales voire continentales). De telles cartes seront des outils de décision pour la mise en valeur des terres dans le cadre de programmes régionaux, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire.

## BIBLIOGRAPHIE

- AOCASS/AISS.** 1998. *Guide de terrain. Tour B7. Afrique de l'Ouest (Burkina Faso-Côte d'Ivoire)*. 27 Août - 6 Septembre 1998 (73p + annexes).
- BUNASOLS.** 2000. *Rapport technique provisoire sur la formation botanique à l'est du Burkina Faso*. 22p.
- CPCS.** 1997. *Classification des sols*; Travaux CPCS, 1963- 1967, INA , Grignon.
- FAO.** 1988. *Légende révisée. Carte Mondiale des sols*. Rapport sur les ressources en sols du monde N° 60, FAO/UNESCO/ISRIC 121p.
- FAO/ISRIC/AISS.** 1999. *Base de référence mondiale pour les ressources en sols*. Rapport sur les ressources en sols du monde N° 84. FAO.96p.
- Kaboré T.M.** 1979. *Etude pédologique du périmètre Mani-Dakiri, O.R.D Est, Fada-N'Gourma*. Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur du développement rural. Option Agronomie 93p.
- Thiombiano L.** 1995. *Système de classification traditionnelle des sols: Etude des critères et démarche dans les zones centre et est du Burkina Faso*. Rev. Agronomie Africaine.

## Annexe

**PROFIL N° BRM7**

Date de description (auteurs) : 22/07/2000 (B. Hema, E. Hien, K.A. Nebie)

## CLASSIFICATION DU SOL

CPCS (1967) : Sol peu évolué d'apport colluvial hydromorphe

BRM : Gleysol épiarénique-endoabruptique

## ENVIRONNEMENT DU PROFIL

Localisation:	Yobiri (35 km de Arli en allant vers Tambaga) 11°46'08.3 N- 01°42'57.5 E
Végétation et/ou utilisation:	jachère de piémont sous parc à <i>Vitellaria</i> peu dense avec <i>Anogeissus leiocarpus</i> , <i>Bombax costatum</i> , <i>Adansonia digitata</i> , <i>Parkia biglobosa</i> , <i>Piliostigma thonningii</i> et <i>reticulatum</i> , <i>Maytenus senegalensi</i> , <i>Bridelia ferruginea</i> .
Position physiographique:	piémont
Topographie environnante:	quasi-plat
Microtopographie:	néant
Pente:	2%
Roche-mère:	colluvions issues de grès sur un socle de diorites
Etat hydrique:	profil sec (premier horizon) et frais ensuite
Drainage:	modéré
Éléments grossiers en surface:	quelques roches gréseuses
Affleurements de roches et/ou de cuirasse :	falaise gréseuse à 100 m
Erosion:	en nappe
Influence humaine:	ancien labour.

## DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL

<b>A</b>	0-16 cm	Brun foncé (10YR3/3) à l'état humide avec quelques taches brun foncé (7,5YR3/4); sable limoneux; quelques graviers ferrugineux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires; consistance friable; nombreux pores très fins, fins et moyens; nombreuses racines très fines et fines; activité biologique bien développée; limite graduelle.
<b>ABA</b>	16-45 cm	Brun jaunâtre (10YR5/8) à l'état sec et à l'état humide avec quelques taches brun vif (7,5YR4/6); sable limoneux; quelques graviers ferrugineux et graviers de quartz; structure faiblement développée en éléments très grossiers, grossiers et moyens, polyédriques subangulaires; consistance tendre; nombreux pores très fins, fins et moyens; assez nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grosses; activité biologique bien développée; limite distincte.
<b>Bwg1</b>	45-74 cm	Jaune brunâtre (10YR6/8) à l'état sec et à l'état humide avec quelques taches brun vif (7,5YR4/6); sable limoneux; quelques graviers ferrugineux

et graviers de quartz; structure faiblement développée en éléments grossiers, très grossiers, moyens, polyédriques subangulaires; consistance peu dure; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; peu nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grosses; activité biologique moyennement développée; limite graduelle.

- Bwg2** 74-100 cm Jaune (10YR7/6) à l'état sec et à l'état humide avec 5 pour cent de taches brun vif (7,5YR5/8); limon argilo-sableux; 5 pour cent de concrétions ferrugineuses, ferromanganifères et graviers de quartz; structure massive; consistance dure; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; peu nombreuses racines très fines et fines; activité biologique moyennement développée; limite distincte.
- Bwg3** 100-118 cm Brun jaunâtre (10YR5/6) à l'état sec et brun jaunâtre (10YR5/2) à l'état humide avec 5 pour cent de taches brun très pâle (10YR7/3); sable limoneux; 15 pour cent de concrétions ferrugineuses, ferromanganifères et graviers de quartz; structure faiblement développée en éléments moyens et fins, polyédriques subangulaires; consistance dure; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; peu nombreuses racines très fines et fines; activité biologique moyennement développée; limite distincte.
- 2Btg1** 118-155 cm Brun jaunâtre (10YR5/6) à l'état sec et brun jaunâtre (10YR5/2) à l'état humide avec 10 pour cent de taches brun très pâle (10YR7/3); argile; 2 pour cent de concrétions ferrugineuses, ferromanganifères et graviers de quartz; structure faiblement développée en éléments grossiers et très grossiers, polyédriques subangulaires; consistance très ferme; quelques faces de pression et de glissement; peu nombreux pores fins, très fins, moyens et larges; racines rares très fines et moyennes; activité biologique faiblement développée; limite graduelle.
- 2Btg2** 155-193 cm Brun jaunâtre (10YR5/6) à l'état sec et brun jaunâtre (10YR5/2) à l'état humide avec 10 pour cent de taches brun jaunâtre (10YR5/2); argile; quelques concrétions ferrugineuses, ferromanganifères et graviers de quartz; structure massive; consistance très ferme; quelques faces de pression et de glissement; peu nombreux pores fins et moyens; racines rares très fines et fines; activité biologique faiblement développée; limite graduelle.

#### Notes additionnelles :

Présence de 2 pour cent de nodules calcaires au 7<sup>e</sup> horizon.

BRM7 présente des propriétés gleyiques depuis les horizons de surface jusqu'en profondeur.

Le profil présente également une texture à dominance sableuse dans les trois horizons supérieurs (jusqu'à 75 cm). Un changement textural brusque avec une nette augmentation du taux d'argile est observé à partir du 6<sup>e</sup> horizon (118 cm).

La discussion principale qui s'est instaurée autour de ce profil fut celle de savoir quels caractères, gleyiques ou aréniques, il fallait mettre en priorité.

Les caractères gleyiques se manifestant nettement depuis la surface jusqu'en profondeur à l'opposé du caractère arénique qui se manifeste surtout dans les trois premiers horizons, c'est le gleysol épiarénique andoabruptique qui a été retenu.

#### RÉSULTATS ANALYTIQUES: profil BRM7

N° Echantillon	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081
Profondeur (cm)	0-16	16-45	45-74	74-100	100-118	118-155	155-193
	SL	SL	LS	SL	A	A	A
Argile %	4,00	6,50	9,00	11,50	14,00	41,50	39,00
Limons fins %	5,00	2,50	5,00	10,00	5,00	5,00	7,50
Limons grossiers %	9,60	11,20	11,65	13,60	9,60	12,80	13,10
Sables fins %	46,20	46,95	36,60	40,05	22,95	16,30	18,50
Sables grossiers %	35,20	32,85	37,75	24,85	48,45	24,40	21,90
PF 2,5 %	5,49	5,87	8,39	11,69	0,74	23,23	22,21
PF 3,0 %	3,63	3,84	5,91	8,43	17,75	18,75	17,81
PF 4,2 %	1,72	2,14	3,64	5,33	5,00	14,15	12,77
Eau utile %							
Matière organique totale	0,71	0,43	0,38	0,33	0,29	0,29	0,22
Carbone total %	0,41	0,25	0,22	0,19	0,17	0,17	0,13
Azote total %	0,031	0,022	0,020	0,017	0,017	0,017	0,014
C/N %	13	11	11	11	11	10	9
Phos.total ppm P	59	59	59	59	67	67	59
Phos. Assimilable ppm P	2,64	1,64	1,13	1,13	1,26	0,50	0,63
Potassium total ppm P	1444	777	889	3388	3887	3281	3029
Potass. disponible	38	15	16	30	37	80	57
BASES ECHANGEABLES méq/100g							
Calcium	1,58	2,31	2,25	2,60	2,48	7,43	7,88
Magnésium	0,15	0,25	0,30	0,42	0,38	0,96	1,01
Potassium	0,11	0,03	0,03	0,08	0,08	0,36	0,33
Sodium	0,06	0,06	0,04	0,06	0,06	0,08	0,06
Somme des bases (s)	1,90	2,65	2,62	3,16	3,00	8,83	9,28
Capacités d'échange (T)	3,11	3,62	3,53	3,95	3,44	9,80	10,00
Taux de saturation (s/t)	61	73	74	80	87	90	93
PH eau	5,87	6,60	6,52	6,90	6,84	7,60	8,42
PH Kcl	4,72	4,40	4,87	4,77	5,07	5,16	7,00

#### PROFIL N° BRM2

Date de description (auteurs) : 21/07/2000 (B. Hema, E. Hien. K.A. Nebie)

#### CLASSIFICATION DU SOL

CPCS (1967) : Vertisol à drainage externe possible et à structure anguleuse sur au moins les 15 centimètres supérieurs, vertique

BRM : Vertisol pellicule-eutrique

## ENVIRONNEMENT DU PROFIL

Localisation :	24 km au sud de Fada en allant vers Pama 11°50'47.8 N - 0°25'05.6 E
Végétation et/ou utilisation :	jachère sous savane à <i>Acacia gourmaensis</i> , <i>Sclerocarya birrea</i> , <i>Tamarindus indica</i> , <i>Sterculia setigera</i> , <i>Entada africana</i> , <i>Zizyphus mauritiana</i> , <i>Piliostigma reticulatum</i> , <i>Combretum glutinosum</i> .
Position physiographique :	glacis haut de pente
Topographie environnante :	quasi-plat
Microtopographie :	micro cuvettes d'effondrement
Pente :	1 pour cent est-ouest
Roche-mère :	granite à biotite et amphibole
Etat hydrique :	profil frais
Drainage :	modéré
Éléments grossiers en surface :	quelques graviers de quartz et de roche
Affleurements de roches et/ou de cuirasse :	quelques granites
Erosion :	en nappe (faible)
Influence humaine :	pâturage.

## DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL

<b>A</b> 0-11 cm	Gris très foncé (10YR3/1) à l'état humide; argile; quelques graviers ferrugineux, graviers de quartz et nodules de carbonate de calcium; structure moyennement développée en éléments grossiers, très grossiers et moyens, polyédriques angulaires; consistance très ferme; quelques faces de glissement; nombreux pores très fins, fins et moyens; nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique faiblement développée; limite graduelle.
<b>Bw1</b> 11-43 cm	Gris très foncé (10YR3/1) à l'état humide; argile, quelques graviers ferrugineux, graviers de quartz et nodules de carbonate de calcium; structure moyennement développée en éléments grossiers, très grossiers et moyens, polyédriques angulaires; consistance très ferme; nombreuses faces de glissement; peu nombreux pores très fins et fins; assez nombreuses racines très fines et grosses; activité biologique faiblement développée; limite graduelle.
<b>Bw2</b> 43-78 cm	Gris très foncé (10YR3/1) à l'état humide; argile, quelques graviers ferrugineux, graviers de quartz et nodules de carbonate de calcium; structure faiblement développée en éléments grossiers, moyens et très grossiers, polyédriques angulaires; consistance très ferme; nombreuses faces de glissement; peu nombreux pores très fins et fins; peu nombreuses racines très fines et fines; activité biologique faiblement développée; limite graduelle.
<b>BC</b> 78-111 cm	Brun grisâtre foncé (2,5Y4/2) à l'état humide; argile, quelques graviers ferrugineux, graviers de quartz et nodules de carbonate de calcium; structure massive à sous-structure faiblement développée en éléments grossiers et très grossiers polyédriques angulaires; consistance très ferme; nombreuses faces de glissement; peu nombreux pores très fins et fins; racines rares très

fines, fines et grosses; activité biologique faiblement développée; limite graduelle.

C 111-210 cm Altérites de granites.

#### Notes additionnelles:

présence de quelques nodules de carbonate de calcium aux 1<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> horizons ; 2 pour cent aux 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> horizons. Présence de nombreuses fines fentes de dessiccation du 1<sup>e</sup> au 4<sup>e</sup> horizons. Présence de microcuvettes d'effondrement en surface et de fentes de 1 à 2 cm de large.

BRM2 présente dès sa surface et surtout après 11 cm de profondeur des horizons argileux (vertiques) qui, suite à des contractions et gonflements répétés, présentent des peds polis et rayés en surface (faces de glissement) et des agrégats polyédriques angulaires. La consistance est très ferme à l'état humide donc probablement très dure à l'état sec.

En outre, BRM2 présente du 1<sup>e</sup> au 4<sup>e</sup> horizons des fentes de retrait.

La couleur de la matrice est sombre jusqu'à 43 cm de profondeur, elle est gris très foncé (10YR3/1) à l'état humide. Cette couleur a bien une valeur Munsell à l'état humide inférieure ou égale à 3,5 et un chroma inférieur à 1,5.

La texture argileuse suggère un taux de saturation en bases supérieur à 50 pour cent dans les 100 centimètres supérieurs.

Dans la liste prioritaire des unités de niveau inférieur des groupes de références des sols de la BRM, la propriété pellique venant avant celle eutrique, BRM2 a été classé vertisol pellique-eutrique.

#### RÉSULTATS ANALYTIQUES: profil BRM2

N° Echantillon		1066	1067	1068	1069
Profondeur (cm)		0-11	11-43	43-78	78-111
Argile	%	36,50	36,50	36,50	34,50
Limons fins	%	12,50	15,00	15,00	20,50
Limons grossiers	%	24,60	22,85	14,40	19,60
Sables fins	%	17,60	17,00	14,40	14,65
Sables grossiers	%	8,80	8,65	10,30	11,75
PF 2,5	%	29,14	29,31	28,19	30,45
PF 3,0	%	23,39	23,69	22,74	23,43
PF 4,2	%	16,50	15,33	16,05	16,53
Eau utile	%				
Matière organique totale		0,95	0,69	0,57	0,52
Carbone total	%	0,55	0,40	0,33	0,30
Azote total	%	0,045	0,036	0,034	0,034
C/N	%	12	11	10	9
Phosphore total ppm P		5219	194	650	607
Phosphore assimilable ppm P		2,77	1,01	1,01	0,88
Potassium total ppm P		500	555	611	722
Potassium disponible		40	31	37	44

BASES ÉCHANGEABLES méq/100g				
Calcium	17,12	17,29	20,07	18,35
Magnésium	2,30	1,98	2,32	2,62
Potassium	0,11	0,08	0,11	0,15
Sodium	0,07	0,06	0,07	0,08
Somme des bases (s)	19,59	19,41	22,57	21,20
Capacités d'échange (T)	22,61	21,81	23,58	24,01
Taux de saturation (s/t)	87	89	96	88
PH eau	7,08	7,30	8,25	8,15
PH Kcl	5,91	5,10	6,80	6,95

### PROFIL DORI 1

Date de description (auteurs): 28/10/1997 (A. Nebie, S. Barro, L. Thiombiano)

### CLASSIFICATION DU PROFIL

CPCS (1967):	Sol sodique à structure en colonnette de l'horizon B
Légende FAO (1988):	Solonetz verti-gleyique
USDA:	Vertic Natrustalf
Nom local:	Fulfuldé: Bollaré
BRM (1998):	Solonetz

### ENVIRONNEMENT DU PROFIL

Localisation :	sortie Dori-Ouaga, côté sud de la mare
Végétation et/ou utilisation :	savane arbustive très claire à <i>Acacia raddiana</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i> , <i>Acacia siberiana</i> , avec tapis herbacé de <i>Ctenium elegans</i> , <i>Leptadenia hastata</i> , <i>Schoenefeldia gracilis</i>
Position physiographique :	cuvette/mare
Topographie environnante :	quasi-plate
Pente :	quasi- nulle
Roche-mère :	alluvions
Etat hydrique :	profil sec
Drainage :	normal à modéré
Nappe:	non atteinte
Affleurements de roches et/ou de cuirasse :	néant
Erosion :	en nappe; faible
Influence humaine :	pâturage; moyenne
Pédoclimat :	régime ustique; isohyperthermique.
Utilisation:	pastoralisme de saison
Contraintes:	mauvaises conditions d'enracinement
Risque d'inondation:	élevé
Disponibilité en oxygène:	faible

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL

- 0-3 cm Brun jaunâtre à sec (10YR5/4) et brun jaunâtre foncé à humide (10YR4/4); limon sableux; structure litée; quelques graviers de quartz et ferrugineux; dur; pores peu nombreux très fins et fins; racines nombreuses très fines; activité biologique faiblement développée; pH 7,0; transition distincte sur 3 cm.
- 3-12 cm Brun olive clair à sec (2,5YR5/4) et brun olive à humide (2,5Y4/4); argile sableuse; structure moyennement à fortement développée en éléments grossiers et moyens, en colonnettes et polyédriques angulaires; très dur; 5 pour cent de graviers ferrugineux et de quartz + des nodules calcaires; faces de glissement peu nombreuses très fines et fines; activité biologique faiblement développée; pH 7,0; transition graduelle sur 8 cm.
- 12-35 cm Brun olive clair à sec comme à humide (2,5Y5/4); argile sableuse; structure faiblement à moyennement développée en éléments grossiers et moyens, polyédriques angulaires; 10 pour cent de graviers ferrugineux et ferro-manganifères + des nodules calcaires; très dur; nombreuses faces de glissement; pores peu nombreux très fins, fins et moyens; racines peu nombreuses très fines; activité biologique faiblement développée; pH 7,5; transition graduelle sur 10 cm.
- 35-74 cm Brun olive clair à sec et à humide (2,5Y5/4) avec 10 pour cent de taches jaunâtres et grisâtres; argileux; structure faiblement à moyennement développée en éléments grossiers et moyens, polyédriques angulaires; 5 pour cent de graviers ferrugineux et de nodules calcaires; très dur; nombreuses faces de glissement; pores peu nombreux très fins, fins et moyens; racines rares très fines; activité biologique faiblement développée; pH 8,0; transition distincte sur 2 cm.
- 74-127 cm Brun olive clair à sec comme à humide (2,5Y5/4) avec 15 pour cent de taches jaunâtres (10YR4/6) et grisâtres (10YR5/1); argileux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens, polyédriques angulaires; 5 pour cent de concrétions ferrugineuses + des nodules calcaires; extrêmement dur; nombreuses faces de glissement; pores peu nombreux très fins; racines rares très fines; activité biologique non évidente; pH 8,0; transition distincte sur 2 cm.
- 127-150 cm Altérites de roche de structure massive, de consistance très dure, sans traces d'activité biologique ni de racines.

N.B : Présence à la surface du sol de croûtes de décantation et de larges fentes de retrait. Fentes de retrait également nombreuses dans le profil jusqu'au niveau de l'altérite.

RÉSULTATS ANALYTIQUES: profil Dori 1

N° ÉCHANTILLION	49	50	51	52	53	54
PROFONDEUR (cm)	0-3	3-12	12-35	35-74	74-127	127-150
Analyse granulométrique						
Texture * %	LS	AS	AS	A	A	LS
Argile (<2μ) %	14,00	38,90	41,30	42,70	44,70	19,40
Limons fins (2-20μ) %	5,80	8,30	8,30	7,60	7,60	7,10
Limons grossiers (20-50μ) %	7,10	3,30	3,30	5,90	5,60	3,70
Sables fins (50-200μ) %	44,40	28,00	28,50	25,40	25,40	15,40
Sables grossiers (200-2000μ) %	28,70	19,30	18,50	25,30	17,30	54,40

Constantes hydriques						
pF 2,0 %	18,97	-	30,86	-	-	-
pF 2,5 %	11,13	-	22,83	-	-	-
pF 3,0 %	9,48	-	21,12	-	-	-
pF 4,2 %	5,51	-	17,89	-	-	-
Matière organique						
Matière organique totale %	0,86	0,48	0,50	0,47	0,43	0,29
Carbone organique total %	0,50	0,28	0,29	0,27	0,15	0,17
Azote total %	0,48	0,24	0,19	0,17	0,16	0,07
C/N %	10	12	15	16	16	24
Phosphore						
P assimilable ppm P	2,0	-	-	-	-	-
P total ppm P	152	150	157	157	173	452
Bases échangeables						
Ca <sup>+</sup> méq/100g	3,44	14,42	17,26	17,52	15,59	12,92
Mg <sup>+</sup> méq/100g	1,80	4,19	3,42	3,57	3,76	2,58
K <sup>+</sup> méq/100g	0,37	0,32	0,19	0,19	0,22	0,28
Na <sup>+</sup> méq/100g	0,03	0,11	0,19	0,58	0,12	0,70
Complexe absorbant						
S méq/100g	5,64	19,04	21,06	21,86	22,69	16,48
CEC (T) méq/100g	5,94	21,27	23,13	24,19	24,80	17,35
V (% Sat)	95	90	91	90	91	95
Autres cations						
AL <sup>3+</sup> méq/100g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
H <sup>+</sup> méq/100g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mn <sup>2+</sup> méq/100g	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Réaction du sol						
pH Co+ (*)	5,88	6,10	6,43	6,64	6,96	7,58
pH eau	6,50	7,10	7,70	8,20	8,50	8,75
pH Kcl	5,35	5,90	6,35	6,75	7,00	7,30
pH	1,15	1,2	3,35	1,45	1,5	1,45
Rapport Na / CEC %	0,50	0,52	0,82	2,40	4,52	4,03
Bilan ionique Extrait (1/5)						
CE µs/cm	-	57	81	106	146	132
PH	-	7,71	7,55	8,04	8,53	8,50
Ca <sup>2+</sup>	-	0,10	0,26	0,19	0,22	0,24
Mg <sup>2+</sup>	-	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06
K <sup>+</sup> Ma <sup>+</sup>	-	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Cl <sup>+</sup>	-	0,07	0,12	0,29	0,58	0,45
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	0,13	0,04	0,04	0,03	0,03
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	0,10	0,44	0,58	0,78	0,71

PH Co (\*) hexaminecobalt trichoride

- non déterminé

\* texture (triangle USDA): LS = limons sableux; A = Argile; AS = Argile sableuse

**PROFIL N° BRM5**

Date de description (auteurs) : 22/07/2000 (B.Hema, E.Hien, K.A. Nebie)

**CLASSIFICATION DU SOL**

CPCS (1967) : Sol brun eutrophe tropical hydromorphe verticale

BRM : Cambisol verticale-endogleyique

**ENVIRONNEMENT DU PROFIL**

Localisation : 5 km à l'ouest de Matiakoali sur l'axe Fada-Ougarou  
11°05'43 N - 0°55'08 E

Végétation et/ou utilisation : jachère à *Acacia gourmaensis*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Tamarindus indica*, *Lannea acida*, *Zisiphus mauritiana*, *Piliostigma reticulatum*, avec un tapis herbacé à *Andropogon pseudapricus*.

Position physiographique : glacis, haut de pente

Topographie environnante : quasi-plat

Microtopographie : quelques microcuvettes d'effondrement

Pente : 1-2 pour cent est-ouest

Roche-mère : granites à amphiboles et métagabbros

Etat hydrique : profil sec jusqu'à 34 cm et frais après

Drainage : normal à modéré

Éléments grossiers en surface : quelques graviers de quartz et de roches

Affleurements de roches et/ou de cuirasse : roches

Erosion : en nappe faible

Influence humaine : pâturage

**DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL**

- A** 0-14 cm Brun jaunâtre foncé (10YR3/4) à l'état sec et brun foncé (10YR3/4) à l'état humide; argile limoneuse; quelques graviers ferrugineux; structure moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins polyédriques subangulaires; consistance dure; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique bien développée; limite distincte.
- AB** 14-34 cm Brun jaunâtre foncé (10YR4/4) à l'état sec et brun foncé (10YR3/3) à l'état humide; argile; quelques graviers ferrugineux et graviers de quartz, structure moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins, polyédriques subangulaires; consistance dure; quelques faces de pression; nombreux pores fins, très fins, moyens et larges; assez nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique bien développée; limite graduelle.
- Bw1** 34-76 cm Brun jaunâtre foncé (10YR4/4) à l'état sec et brun olive (2,5Y4/4) à l'état humide avec quelques taches diffuses gris brunâtre clair (10YR6/2) à l'état humide; argile; 2 pour cent de concrétions ferrugineuses et ferromanganifères et graviers de quartz; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens, polyédriques angulaires; consistance ferme; nombreuses faces

de glissement; assez nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; peu nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique assez bien développée; limite diffuse.

**Bw2** 76-123 cm Brun jaunâtre foncé (10YR4/4) à l'état sec et brun olive (2,5Y4/4) à l'état humide avec quelques taches diffuses gris brunâtre clair (10YR6/2) à l'état humide; argile; 2 pour cent de concrétions ferrugineuses et ferromanganifères et graviers de quartz; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques angulaires; consistance très ferme; nombreuses faces de glissement; peu nombreux pores fins et très fins; racines rares très fines; activité biologique faiblement développée; limite diffuse.

**Bwg** 123-200 cm Brun jaunâtre foncé (10YR4/4) à l'état sec et brun olive (2,5Y4/4) à l'état humide avec 5 pour cent de taches gris brunâtre clair (10YR6/2) à l'état humide; argile; 2 pour cent de concrétions ferrugineuses et ferromanganifères et graviers de quartz; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques angulaires; consistance très ferme; nombreuses faces de glissement; peu nombreux pores fins et très fins; racines rares très fines; activité biologique faiblement développée.

#### Notes additionnelles :

présence de quelques nodules calcaires aux 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> horizons, 3 pour cent au 5<sup>e</sup> horizon; présence de fines fentes de retrait dans l'ensemble du profil, délimitant des éléments structuraux prismatiques.

BRM5 possède un horizon cambique évident entre 34 et 123 cm de profondeur. Cet horizon présente des marques d'altération par rapport aux horizons sous-jacents.

Des propriétés gleyiques apparaissent à partir du 3<sup>e</sup> horizon. Ce profil présente également des faces de glissement du 3<sup>e</sup> au dernier horizon.

La couleur d'ensemble de ce profil est beaucoup plus claire que celle observée dans le profil BRM2. Les fentes de retrait sont également moins larges dans BRM5.

Ce sol a été rangé sans grandes discussions comme un cambisol verticale-endogleyique.

#### RÉSULTATS ANALYTIQUES: profil BRM5

N° Echantillon		1070	1071	1072	1073	1074
Profondeur (cm)		0-14	14-34	34-76	76-123	132-200
Argile	%	29,00	41,50	39,00	17,35	39,00
Limons fins	%	10,00	10,00	10,00	12,50	15,00
Limons grossiers	%	23,50	21,70	20,65	21,40	21,30
Sables fins	%	24,45	15,85	17,35	19,60	17,80
Sables grossiers	%	13,05	10,95	13,00	10,00	6,90
PF 2,5	%	21,72	23,19	22,88	26,55	29,91
PF 3,0	%	14,07	17,95	17,77	21,13	24,04
PF 4,2	%	9,50	12,53	12,44	14,52	16,45
Eau utile	%					
Matière organique totale		1,31	0,79	0,55	0,41	0,38

Carbone total	%	0,76	0,46	0,32	0,24	0,22
Azote total	%	0,061	0,039	0,028	0,025	0,025
C/N	%	12	12	11	10	9
Phosphore total	ppm P	110	101	76	67	67
Phos. Assimilable	ppm P	1,76	0,88	1,26	0,63	0,76
Potassium total	ppm P	7220	777	666	833	889
Potassium disponible		72	20	20	29	29
BASES ÉCHANGEABLES méq/100g						
Calcium		9,73	11,84	10,44	9,58	13,07
Magnésium		1,46	1,62	1,50	1,63	1,87
Potassium		0,27	0,08	2,55	0,09	0,08
Sodium		0,07	0,06	0,07	0,07	0,8
Somme des bases (s)		11,53	13,60	14,56	11,37	15,10
Capacités d'échange (T)		13,08	15,54	15,892	12,93	15,63
Taux de saturation (s/t)		88	88	92	88	97
PH eau		6,70	6,51	6,14	6,98	7,00
PH Kcl		5,34	4,56	4,15	4,80	6,36

### PROFIL N° BRM8

Date de description (auteurs) : 22/07/2000 (B. Hema, E. Hien, K.A. Nebie)

### CLASSIFICATION DU SOL

CPCS (1967) : Sol hydromorphe peu humifère à pseudogley de surface

BRM : Gleysol endocalcique-eutrique

### ENVIRONNEMENT DU PROFIL

Localisation : poste forestier de Arli  
11°34'38 N - 01°27'42 E

Végétation et/ou utilisation : plaine à *Mitragyna inermis*, *Vertiveria nigritana*, *Balanites aegyptiaca*, *Piliostigma reticulatum*, *Cassia tora*, *Corchorus sp*, *Hypomea argentorata*, *Triumfeta rhomboidea*...

Position physiographique : plaine alluviale

Topographie environnante : quasi-plat

Microtopographie : néant

Pente : 0-1%

Roche-mère : alluvions issues de grès

Etat hydrique : profil frais

Drainage : imparfait

Éléments grossiers en surface : néant

Affleurements de roches et/ou de cuirasse : néant

Erosion : en nappe diffuse

Influence humaine : réserve totale de faune

## DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL

- A** 0-11 cm Brun grisâtre (10YR5/2) avec 10 pour cent de taches brun vif (7,5Y/6) à l'état humide; limon argileux; structure moyennement développée en éléments grossiers, moyens et très grossiers, polyédriques subangulaires; consistance friable; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; nombreuses racines fines, très fines et moyennes; activité biologique bien développée; limite distincte.
- AB** 11-23 cm Brun vif (7,5YR5/8) avec 20 pour cent de taches brun pâle (10YR6/3) à l'état humide; argile limoneuse; structure moyennement développée en éléments moyens, grossiers et fins, polyédriques subangulaires; consistance ferme; nombreux pores très fins, fins et moyens; nombreuses racines très fines, fines et moyennes; activité biologique bien développée; limite distincte.
- Bw1** 23-46 cm Brun grisâtre (10YR5/2) avec 15 pour cent de taches brun vif (7,5YR4/6) à l'état humide; argile; structure moyennement développée en éléments très grossiers et grossiers, polyédriques angulaires à polyédriques subangulaires; consistance ferme; assez nombreux pores très fins, fins et moyens; assez nombreuses racines très fines et fines; activité biologique moyennement développée; limite distincte.
- Bw2** 46-98 cm Brun (10YR5/3) avec 15 pour cent de taches gris brunâtre clair (10YR6/2) et brun vif (7,5YR5/8) à l'état humide; argile; 2 pour cent de concrétions ferromanganifères et ferrugineuses; structure faiblement développée en éléments grossiers et très grossiers, polyédriques subangulaires; consistance très dure; quelques faces de glissement; peu nombreux pores très fins, moyens, larges et fins; racines rares très fines et fines; activité biologique moyennement développée; limite graduelle.
- Bw3** 98-131 cm Brun jaunâtre clair (10YR6/4) avec 20 pour cent de taches brunâtre clair (10YR7/2) et brun vif (7,5YR5/8) à l'état humide; argile; 5 pour cent de concrétions ferromanganifères et ferrugineuses; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens, polyédriques angulaires; consistance très dure; quelques faces de pression et de glissement; peu nombreux pores fins, et moyens; racines rares, très fines; activité biologique faiblement développée; limite diffuse.
- Bwck** 131-180cm Gris brunâtre clair (10YR6/2) avec 20 pour cent de taches brunâtre clair (10YR7/2) et brun vif (7,5YR5/8) à l'état humide; argile; quelques concrétions ferromanganifères et ferrugineuses; structure faiblement développée en éléments grossiers et très grossiers, polyédriques angulaires; consistance très dure; assez nombreuses faces de pression et de glissement; peu nombreux pores fins et très fins; racines rares, très fines et fines; activité biologique faiblement développée.

**Notes additionnelles** : présence de quelques nodules de carbonate de calcium aux 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> horizons. Présence de fines fentes de retrait dans le profil et en surface.

BRM8 est un sol dont les caractéristiques sont dues à une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau en raison d'un engorgement temporaire d'une partie ou de la totalité du

profil. Il présente des caractères gleyiques importants depuis les horizons supérieurs jusqu'en profondeur. En outre, ce profil possède des nodules de carbonate de calcium dans les 3 derniers horizons.

En attendant les analyses de laboratoire, nous pensons au vu de la texture d'ensemble (fine et très fine), que le taux de saturation en bases de ce sol est supérieur ou égal à 50 pour cent.

C'est ainsi qu'à l'évidence ce sol a été classé comme un gleysol andocalcique-eutrique.

#### RÉSULTATS ANALYTIQUES: profil BRM8

N° Echantillon		1082	1083	1084	1085	1086	1087
Profondeur (cm)		<i>0-11</i>	<i>11-23</i>	<i>23-46</i>	<i>46-98</i>	<i>98-131</i>	<i>131-180</i>
		<i>SL</i>	<i>SL</i>	<i>LS</i>	<i>SL</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
Argile	%	31,50	46,50	51,50	51,50	41,50	41,50
Limons fins	%	30,00	32,50	27,50	30,00	20,00	20,00
Limons grossiers	%	9,60	16,90	15,10	12,35	30,10	30,60
Sables fins	%	6,70	3,10	2,90	3,00	4,95	4,95
Sables grossiers	%	0,55	1,00	3,00	3,15	3,45	3,45
PF 2,5	%	31,98	33,93	32,18	34,28	30,47	30,35
PF 3,0	%	24,30	27,29	25,99	27,80	25,21	24,01
PF 4,2	%	13,41	16,50	18,40	19,93	17,48	15,81
Eau utile	%						
Matière organique totale		1,34	0,69	0,55	0,38	0,26	0,22
Carbone total	%	0,781	0,40	0,32	0,22	0,15	0,13
Azote total	%	0,061	0,034	0,028	0,020	0,017	0,0178
C/N	%	13	12	11	11	9	8
Phosphore total	ppm P	118	110	76	118	67	59
Phos. Assimilable	ppm P	1,26	0,63	0,76	1,88	0,63	0,50
Potassium total	ppm P	2554	2832	2888	3989	2888	2777
Potass. Disponible		56	21	24	51	32	28
BASES ÉCHANGEABLES méq/100g							
Calcium		3,21	4,56	5,05	9,01	9,41	8,29
Magnésium		0,57	0,62	0,52	2,91	2,28	1,99
Potassium		0,18	0,03	0,08	0,15	0,09	0,08
Sodium		0,06	0,07	0,13	0,18	0,13	0,10
Somme des bases (s)		4,02	5,28	6,78	12,25	11,91	10,46
Capacités d'échange (T)		7,44	9,28	10,19	15,41	13,00	12,46
Taux de saturation (s/t)		54	57	67	79	92	84
PH eau		5,57	6,00	6,37	8,56	8,52	8,31
PH Kcl		3,62	3,57	3,40	6,68	7,05	6,51

**PROFIL: Boudtenga 1** (sol en haut de pente)

Date de description (auteurs) : 30/10/1997 ( S. Barro, F. Pallo, A. Nebie)

## CLASSIFICATION DU SOL:

CPCS (1967): Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions

Légende FAO (1988): Lixisol ferrique

USDA: Plinthic Kandialstalfs

Nom local du sol : Zeguedega (terre rouge gravillonnaire)

BRM (1998): Lixisol

## ENVIRONNEMENT DU PROFIL

Localisation : à 10,3 km du Massili sur l'axe Ouaga-Koupéla  
 Coordonnées : 10°28'59 de latitude N; 01°16'12 de longitude O; altitude 311 m  
 Occupation : jachère de vingt ans à *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum micranthum*, *Cassia sieberiana*. Tapis herbacé à *Cymbopogon schoenanthus*, *Andropogon gayanus*, *Loudetia togoensis*

Position physiographique : glacis, pente supérieure  
 Topographie environnante : faiblement ondulée  
 Microtopographie : néant  
 Pente : 2 pour cent est-ouest  
 Roche-mère : colluvions et granites  
 Etat hydrique : frais au dernier horizon  
 Drainage : normal  
 Nappe : non atteinte  
 Eléments grossiers en surface : graviers ferrugineux et quartz  
 Affleurements de roches et/ou de cuirasse : non observés  
 Erosion : en nappe forte  
 Influence humaine : zone de parcours de bétail  
 Pédoclimat : ustique isothermique.

## DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL

0-12 cm Brun clair à sec (7,5YR6/4) et brun fort à humide (7,5YR5/4); limon sableux; structure faiblement développée en éléments polyédriques subangulaires grossiers et moyens; 30 pour cent de graviers ferrugineux et de quartz; peu dur; pores nombreux très fins, fins et moyens; racines nombreuses très fines, fines, moyennes et grosses; activité biologique assez bien développée; transition distincte sur 3 cm.

12-41 cm Jaune rougeâtre à sec (7,5YR6/6) et brun fort à humide (7,5YR4/6); argile; structure faiblement développée en éléments polyédriques subangulaires, très fins, fins et de graviers ferrugineux et de quartz; peu dur; pores très nombreux, très fins, fins et moyens; racines assez nombreuses fines, très fines et moyennes; activité biologique bien développée; transition graduelle sur 6 cm.

41-80 cm Jaune rougeâtre à sec (7,5YR6/6) et brun fort à humide (7,5YR4/6); argile; structure faiblement développée en éléments polyédriques subangulaires très fins,

fins et moyens; 60 pour cent de graviers ferrugineux et de quartz; dur; pores très nombreux, très fins, fins et moyens; racines peu nombreuses, très fines et fines; activité biologique assez bien développée; transition graduelle sur 8 cm.

80-138 cm Jaune rougeâtre à sec (7,5YR6/6) et brun fort à humide (7,5YR5/6); 15 pour cent de taches blanches (10YR8/2) et rouge jaunâtre (5YR5/8); argile; structure faiblement développée en éléments polyédriques subangulaires moyens, grossiers et fins; 50 pour cent de graviers ferrugineux et de quartz; dur; pores nombreux très fins, fins, moyens et larges; racines rares fines, très fines et moyennes; activité biologique assez bien développée; transition distincte sur 5 cm.

138-200 cm Jaune rougeâtre à humide (7,5YR6/6) bariolé de blanc (10YR8/2) et de rouge jaunâtre (5YR5/8); argile; structure faiblement développée en éléments polyédriques subangulaires moyens, grossiers et fins; 30 pour cent de graviers ferrugineux et de quartz; ferme; pores nombreux fins, moyens et larges; racines rares très fines; activité biologique peu développée.

**N.B :** Les 80 premiers cm sont constitués d'apports des niveaux plus hauts du relief. Les horizons suivants sont des altérites *in situ* comportant des filons de quartz et riches en sodium échangeable. Encroûtement à la surface du sol.

RÉSULTATS ANALYTIQUES: profil Boudtenga 1

N° ÉCHANTILLION		23	24	25	26	27
PROFONDEUR (cm)		0-12	12-41	41-80	80-138	138-200
Analyse granulométrique						
Texture *	%	LS	A	A	A	A
Argile (<2μ)	%	16,60	51,30	50,30	45,30	42,50
Limons fins (2-20μ)	%	6,50	4,00	6,30	9,70	12,70
Limons grossiers (20-50μ)	%	10,30	6,50	75,50	8,20	7,70
Sables fins (50-200μ)	%	43,60	18,80	18,20	21,50	20,70
Sables grossiers (200-2000μ)	%	23,00	19,40	17,70	15,40	16,40
Constantes hydriques						
pF 2,0	%	23,08	-	33,93	-	-
pF 2,5	%	18,32	-	27,01	-	-
pF 3,0	%	14,36	-	26,23	-	-
pF 4,2	%	6,56	-	19,97	-	-
Matière organique						
Matière organique totale	%	1,16	0,83	0,55	0,34	0,21
Carbone organique total	%	0,67	0,48	0,32	0,20	0,12
Azote total	%	0,54	0,32	0,21	0,12	0,08
C/N	%	12	15	15	17	15
Phosphore						
P assimilable	ppm P	2,80	-	-	-	-
P total	ppm P	190	210	173	117	85
Bases échangeables						
Ca <sup>+</sup> méq/100g		2,67	3,26	2,92	4,31	6,55

Mg <sup>+</sup> méq/100g	0,84	1,17	1,13	1,24	1,69
K <sup>+</sup> méq/100g	0,28	0,11	0,02	0,16	0,34
Na <sup>+</sup> méq/100g	0,06	0,06	0,04	2,56	4,24
Complexe absorbant					
S méq/100g	3,85	4,60	4,11	8,27	12,82
CEC (T) méq/100g	3,86	4,88	4,27	4,44	4,40
V (% Sat)	100	94	96	186	291
Autres cations					
Al <sup>3+</sup> méq/100g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
H <sup>+</sup> méq/100g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mn <sup>2+</sup> még/100g	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
Réaction du sol					
pH Co <sup>+</sup> (*)	5,59	5,75	5,84	6,12	7,09
pH eau	6,25	6,55	6,60	7,05	7,95
pH Kcl	5,10	5,25	5,60	6,50	6,55
pH	1,15	1,3	1,1	0,55	1,4
Rapport Na / CEC %	0,15	1,23	0,94	57,66	96,36
Bilan ionique Extrait (1/5)					
CE µs/cm	44	38	31	588	1016
PH	6,71	6,68	6,70	6,41	7,05
Ca <sup>2+</sup>	0,06	0,07	0,03	1,00	2,06
Mg <sup>2+</sup>	0,04	0,04	0,01	0,32	0,65
K <sup>+</sup>	0,09	0,02	0,04	0,05	0,12
Ma <sup>+</sup>	0,03	0,04	0,06	0,24	0,39
Cl <sup>+</sup>	0,03	0,04	0,06	0,06	0,06
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,06	0,06	0,07	0,48	0,04
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,10	0,09	0,06	0,07	0,24

pH Co (\*) hexaminecobalt trichoride

- non déterminé

\* texture (triangle USDA): LS = limons sableux; A = Argile; AS = Argile sableuse

### PROFIL: DINDE 2 (sol de bas de pente)

Date de description (auteurs): 25/10/1997 (F.Pallo, E. Barro, P.Zombre, A. Nebie)

#### CLASSIFICATION DU SOL

CPCS (1967): Sol ferrallitique faiblement désaturé remanié modal

Légende FAO (1988): Lixisol ferrique

USDA: Oxic Paleustalf ou Typic Eustrtox

Nom local du sol: Bogowoule ( terre rouge en langue dioula)

BRM (1998): Ferralsol

## ENVIRONNEMENT DU PROFIL

Localisation:	Teckeraie de l'Ecole nationale des eaux et forêts, à 50 m au sud de la route Dindéresso-Bobo-Dioulasso
Coordonnées:	111°13'28 de latitude N; 04°25'59 de longitude O, Altitude 341 m;
Climat:	sud-soudanien avec une pluviométrie annuelle de 1047 mm
Géologie:	grès à galets de quartz
Physiographie:	glacis, pente inférieure
Pente:	quasi-nulle
Hydrologie:	profil à drainage normal
Occupation:	plantation de <i>Tectona grandis</i>
Pédoclimat:	régime ustique, isohyperthermique.

## DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL

0-12 cm	Brun grisâtre foncé (10YR4/2) à humide; sable limoneux; structure moyennement développée en éléments moyens et fins, polyédriques subangulaires; friable; nombreux pores très fins, fins et moyens; très nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grosses; activité biologique bien développée; transition distincte sur 3 cm.
12-30 cm	Brun (7,5YR5/4) à humide ; sable limoneux ; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens, polyédriques subangulaires; friable; assez nombreux pores très fins et fins; très nombreuses racines grosses, moyennes et fines; activité biologique bien développée; transition distincte sur 5 cm.
30-73 cm	Rouge (2,5YR4/6) à humide; limon sableux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens, polyédriques subangulaires; friable; pores nombreux très fins, fins et moyens; nombreuses racines moyennes, grosses et fines; activité biologique bien développée; transition graduelle sur 8 cm.
73-135 cm	Rouge (2,5YR4/6) à humide avec 5 pour cent de taches rouge foncé; limon argilo-sableux; structure massive; ferme; assez nombreux pores très fins et fins; peu nombreuses racines moyennes et fines; activité biologique assez bien développée; transition distincte sur 3 cm.
135-174 cm	Rouge (2,5YR4/6) à humide avec 5 pour cent de taches rouge foncé; limon argilo-sableux; structure massive; 40 pour cent de graviers ferro-manganifères; ferme; nombreux pores très fins, fins et moyens; racines rares, moyennes et fines; activité biologique peu développée; transition distincte sur 3 cm.
174-208 cm	Rouge (2,5YR4/6) à humide avec 10 pour cent de taches jaune brunâtre (10YR6/6); limon argilo-sableux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens, polyédriques subangulaires; 10 pour cent de graviers ferro-manganifères; ferme; nombreux pores très fins, fins et moyens; racines rares, fines et très fines; activité biologique peu développée.

## RÉSULTATS ANALYTIQUES: profil Dinde 2

N° ÉCHANTILLION	61	62	63	64	65	66
PROFONDEUR (cm)	0-12	12-41	41-80	80-138		138-200
Analyse granulométrique						
Texture * %	LS	LS	LS	LAS	LAS	LAS
Argile (<2 $\mu$ ) %	6,6	5,8	13,9	34,6	32,0	32,4
Limons fins (2-20 $\mu$ ) %	3,0	2,8	2,4	4,2	6,5	7,4
Limons grossiers (20-50 $\mu$ ) %	8,7	5,9	4,6	7,9 2	20,6	10,9
Sables fins (50-200 $\mu$ ) %	32,4	30,1	23,5	0,50	25,1	21,5
Sables grossiers (200-2000 $\mu$ ) %	49,1	55,4	55,5	32,7	26,6	27,8
Constantes hydriques						
pF 2,0 %	-	-	11,50	23,13	-	-
pF 2,5 %	-	-	7,27	19,23	-	-
pF 3,0 %	-	-	6,94	18,32	-	-
pF 4,2 %	-	-	4,86	4,86	-	-
Matière organique						
Matière organique totale %	0,79	0,43	0,40	0,36	0,26	0,21
Carbone organique total %	0,46	0,25	0,23	0,21	0,15	0,12
Azote total %	0,36	0,19	0,17	0,20	0,17	0,12
C/N %	13	13	14	11	9	10
Fer						
Fer total	-	-	2,01	2,73	-	-
Fer libre	-	-	1,17	2,22	-	-
Phosphore						
P assimilable ppm P	1,80	-	-	-	-	-
P total ppm P	76	69	94	149	134	109
Bases échangeables						
Ca <sup>+</sup> méq/100g	1,86	0,92	0,54	0,67	0,10	0,89
Mg <sup>+</sup> méq/100g	0,61	0,56	0,48	0,55	0,16	0,73
K <sup>+</sup> méq/100g	0,07	0,56	0,07	0,11	0,12	0,12
Na <sup>+</sup> méq/100g	0,04	0,10	0,07	0,04	0,03	0,04
Complexe absorbant						
S méq/100g	2,58	1,63	1,16	1,37	2,86	1,78
CEC (T) méq/100g	2,54	1,48	1,29	2,64	3; 05	2,78
V (% Sat)	sat	sat	90	52	94	64
Autres cations						
AL <sup>3+</sup> méq/100g	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
H <sup>+</sup> méq/100g	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Mn <sup>2+</sup> méq/100g	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01
Réaction du sol						
pH Co+ (*)	6,00	5,90	4,84	4,36	5,19	4,41
pH eau	6,50	6,70	5,70	5,50	5,50	5,60

pH Kcl	5,35	5,30	5,30	4,25	4,25	4,35
pH	1,15	1,4	1,2	1,25	1,25	1,25
Rapport Na / CEC %	0,57	6,76	5,43	1,52	0,98	1,44
Fe libre/ Fe total	-	-	58	81	-	-

pH Co (\*) hexaminecobalt trichoride

- non déterminé

\* texture (triangle USDA): LS = limons sableux; A = Argile; AS = Argile sableuse

## PROFIL 40

Date de description: 26.10.1978

### CLASSIFICATION DU SOL

CPCS: Sol sodique à structure dégradée, sol sodique à horizon blanchi (solodisé)

Sous-groupe: Solonetz solodisé

### ENVIRONNEMENT DU PROFIL

Localisation: Situé à 1 km de Mani sur l'axe Mani-Dourgou sur un plateau

Relief: faiblement ondulé

Pente: faible

Végétation: champ de mil récolté

Drainage: imparfait

Perméabilité: modérée

Humidité: très faible

Erosion: non évidente au niveau du profil, mais évidente aux alentours; éolienne et hydrique

Unité cartographique: Superficie 85,5 ha soit 0,5 pour cent de la superficie totale

### DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE

**AP** 0-11 cm Brun jaunâtre sombre à sec (10YR4/4); sableux; structure faiblement développée en éléments fins, moyens polyédriques subangulaires; consistance tendre à sèche; pores nombreux fins, très fins; activité biologique très développée; racines nombreuses très fines; limite distincte et régulière.

**A1** 11-25 cm Brun fort à sec (7,5YR5/6), sableux; structure massive; consistance tendre à sec; pores très nombreux fins, moyens, larges et très fins; activité biologique très développée; racines nombreuses très fines et fines; limite distincte et régulière.

**A2** 25-34 cm Brun fort à sec (7,5YR5/6) avec des plages brun très pâle (10YR7/4) sablo-limoneux; structure massive; consistance tendre à sec, pores peu nombreux, très fins; activité biologique très développée; racines nombreuses très fines; limite abrupte et régulière.

- A et B 34-43cm** Brun jaunâtre à sec (10YR5/6) avec des taches grises (10YR5/1), sablo-limoneux; structure faiblement développée, grossière colonnaire; consistance très dure à sec; pores nombreux, larges très fins et fins; activité biologique développée; racines peu nombreuses, fines et très fines; limite distincte et régulière.
- B21 43-75 cm** Brun grisâtre très sombre à sec (10YR3/2) avec des taches brun grisâtre (10YR5/2) et brun jaunâtre (10YR5/6) limono-sableux; structure massive; consistance très dure à sec; pores peu nombreux, fins et très fins; activité biologique très développée; racines peu nombreuses, fines et très fines (pourries); limite graduelle.
- B22 75-109 cm** Brun jaunâtre à sec (10YR5/4) avec des taches brun jaunâtre (10YR5/8) et brunes (10YR5/3); limono-sableux; structure massive; consistance très dure à sec; pores peu nombreux très fins et fins; activité biologique très développée; racines rares; limite diffuse.
- BC 109-128 cm** Brun jaunâtre à sec (10YR5/4) avec des taches brun jaunâtre (10YR5/8) et gris clair (10YR7/2); limono-sableux; structure massive; consistance dure à sèche; pores peu nombreux, très fins et fins; présence de quelques concrétions ferro-manganifères; racines rares; activité biologique très développée.

Le profil présente une couleur d'ensemble brun jaunâtre avec un début d'horizon albique et un horizon de couleur brun fort se détachant nettement du reste. La partie supérieure du profil présente une texture légère alors qu'elle est lourde en profondeur, marquant ainsi une différenciation texturale bien prononcée. La structure faiblement développée dans le 1<sup>er</sup> horizon est massive dans les autres horizons, sauf dans le 4<sup>e</sup> où elle est colluvionnaire. L'enracinement s'arrête au sommet du 4<sup>e</sup> horizon.

#### RÉSULTATS ANALYTIQUES: profil 40

##### Analyse mécanique

Profondeur (cm)	0-11	11-25	34-43	43-75	75-109	109-129	
Refus 2 m	1,5	8,0	-	-	-	-	
Matière organique							
Argile %	3,6	7,0	8,6	9,6	16,8	17,8	14,6
Limon	3,6	2,8	6,0	5,8	4,8	9,0	4,6
Sable fin %	71,3	71,7	75,8	70,9	55,7	56,8	58,2
Sable grossier %	21,5	18,7	9,6	13,7	22,7	16,8	22,4
CaCO <sub>3</sub>	0,16	0,16	0,12	0,22	0,40	0,16	0,60
Matière organique							
Mat. organique totale	0,48	0,39	0,24	0,19	0,16	0,11	0,09
Cabone %	0,336	0,280					
Azote %	8,3	8,1					
C/N							
Matière phosphorique							
P2 O5 total ppm	3,0	1,72	1,02	1,20	1,55		
P2 O5 assim. ppm	1,1	0,37	0,43		0,25		

Bases échangeables (mé/100 de terre)							
Calcium (Ca <sup>++</sup> )	3,80	2,80	4,00	2,45	8,55	8,40	4,25
Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	0,80	2,00	1,60	1,60	2,80	3,60	4,00
Potassium (K <sup>+</sup> )	0,15	0,10	0,15	0,05	0,20	0,15	1,15
Sodium (Na <sup>+</sup> )	0,05	0,50	0,45	0,10	1,85	1,25	1,80
S	4,80	4,95	6,20	4,20	13,40	13,40	11,20
T	4,80	5,40	6,20	4,20	13,08	13,40	11,20
Na/Ten %	1,0	0,40	7,3	2,4	13,40	9,3	16,1
V=S/T %	100	91,7	100	100	100	100	100
Acidité							
pH H <sub>2</sub> O	6,9	6,6	7,0	1,0	8,4	8,2	8,8
pH KCl	4,5	4,7	5,5	5,2	7,0	6,6	7,3
Caractéristiques physiques							
pF 2,5 %	7,6	9,3	8,2	7,5	22,7	21,6	21,2
pF 3,0 %	5,9	6,4	6,0	5,1	18,5	17,6	18,0
pF 4,2 %	2,9	3,2	4,7	2,8	10,2	10,2	10,0
pF 2,5 – pF 4,2 %	4,7	6,1	3,5	4,7	12,5	11,4	11,2
pF 3,0 – pF 4,2 %	3,0	4,2	1,3	2,3	8,3	7,4	8,0



# Les grands types de sols du Niger

## RÉSUMÉ

Vaste pays continental (1 267 000 km<sup>2</sup>), le Niger est situé entre 11°37' et 23°23' de latitude Nord. Le climat est de type saharien à l'extrême nord, saharo-sahélien au centre, sahélien au sud et soudanien à l'extrême sud. Deux grands bassins sédimentaires couvrent la majeure partie du pays. On note quelques affleurements de roches éruptives parsemées qui marquent le relief (Liptako, massif de l'Aïr, Damagaren-Moumo, etc.). Les travaux de l'ORSTOM font ressortir 14 classes de sols qui sont inégalement réparties: les sols minéraux bruts qui regroupent les lithosols sur matériaux rocheux (Aïr, Djado), les sols d'ablation sur roches diverses (extrême nord du pays) et les sols d'apport sur sable éolien (erg du Teneré); les sols peu évolués qui regroupent les sols peu évolués d'origine climatique et les sols peu évolués d'origine non climatique sur matériaux gravillonnaires; les sols subarides qui sont représentés par les sols bruns sur matériaux argilo-sableux, les sols brun-rouge sur sables éoliens et les sols brun-rouge associés à des sols hydromorphes et halomorphes; les sols ferrugineux tropicaux qui sont essentiellement constitués de sols ferrugineux non ou peu lessivés sur sables, les sols ferrugineux lessivés à concrétions, les sols ferrugineux non ou peu lessivés associés à des sols ferrugineux. On trouve aussi des vertisols topomorphes sur matériaux argileux.

La légende FAO fait ressortir 13 classes de sols.

Sur le plan agricole, on note que seuls les sols bruns et les sols ferrugineux sont utilisés pour l'agriculture pluviale. Les sols peu évolués d'apport, les sols hydromorphes et les vertisols sont réservés surtout pour l'agriculture irriguée. Les sols à dominance sableuse supportent le mil, le sorgho, le niébé et l'arachide alors que les sols hydromorphes et les sols peu évolués sont occupés surtout par le riz et les cultures maraîchères. Presque tous ces sols ont la même contrainte, à savoir le faible niveau de fertilité et sont, en particulier, très sensibles à l'érosion éolienne.

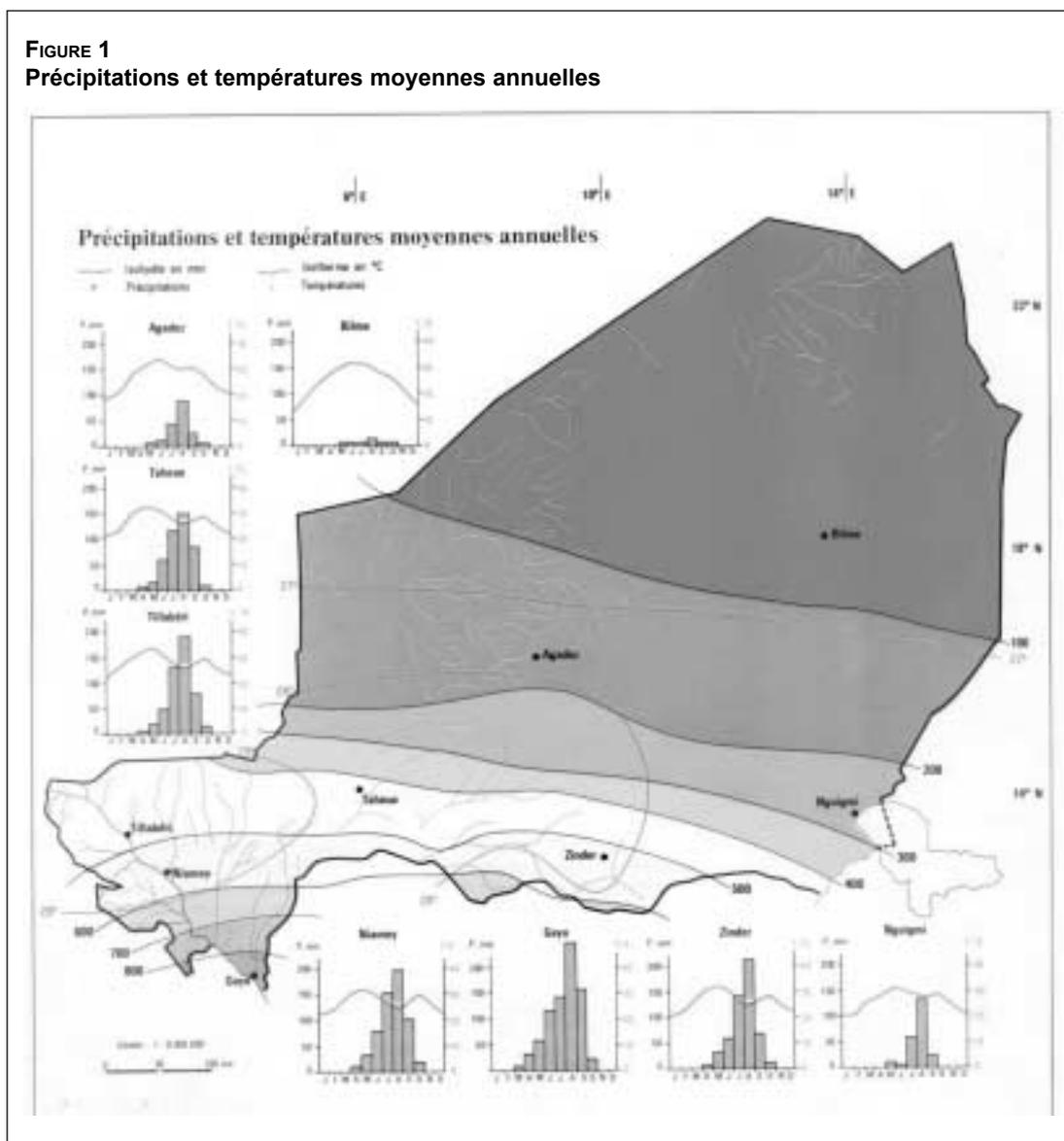
Bien que très peu utilisée comme système de classification, il faut signaler le caractère fédérateur de la Base de référence mondiale, qui prend en compte les autres classifications.

## INTRODUCTION

De par sa position géographique, le Niger est une des régions les plus chaudes du globe (fig. 1). C'est un pays continental dont les 4/5 appartiennent au Sahara, avec un climat marqué par la sécheresse liée à une insuffisance des précipitations. La pluviosité calculée sur 30 ans (1951–1980) fait ressortir quatre grandes zones agro-climatiques (fig.2): la zone soudanienne subhumide à savane arborée et arbustive dégradée, à l'extrême sud du pays (pluviométrie supérieure à 800 mm par an), limitée au nord par l'isohyète 600 mm; la zone sud sahélienne semi-aride à savanes arbustives et steppes arbustives, limitée au nord par l'isohyète 300 mm; la zone nord sahélienne subdésertique à steppes arbustives limitée au nord par l'isohyète 100 mm; la zone saharienne désertique à végétation d'oasis. L'E.T.P. moyenne annuelle calculée (1978-1984) est de 2164 mm. Les sols dominants sont en général à texture sableuse.

*Garba Mallam Annou*  
INRAN

**FIGURE 1**  
**Précipitations et températures moyennes annuelles**



## DESCRIPTION DES SOLS DOMINANTS

### Rappel sommaire de la géologie

Pour mieux comprendre la formation des sols, il est nécessaire de rappeler les principales formations géologiques sur lesquelles ces sols se sont formés. Deux bassins sédimentaires d'âges Primaire à Quaternaire couvrent la majeure partie du Niger: le bassin sédimentaire occidental des Ullemenden et celui du Niger oriental. Les formations du socle Précambrien, recoupées par des roches éruptives plus récentes, affleurent dans le Liptako (ouest du Niger), le massif de l'Air, le Damagaram-Mounio (région de Zinder et de Gouré) et le sud Maradi où apparaît le Continental hamadien. Des formations du Quaternaire recouvrent les formations géologiques plus anciennes.

## Les sols

Six types de sols sont dominants sur le territoire national.

### *Les sols minéraux bruts*

Ils sont caractérisés par une texture très sableuse sur les pentes et les dunes, prennent une texture plus compacte dans les dépressions intermédiaires à cause de leur teneur en argile plus élevée et deviennent rocailleux ou caillouteux sur les plateaux latéritiques. On distingue les lithosols sur matériaux rocheux, les sols d'ablation sur roches diverses et les sols d'apport sur sables éoliens.

**Distribution spatiale:** Ils sont situés dans le nord et le nord-est du pays. Les conditions climatiques très rudes (faible pluviosité et forts écarts de température) limitent considérablement leur évolution. Les trois grandes unités (lithosols sur matériaux rocheux, sols d'ablation sur roches diverses et sols d'apport de sable éolien) occupent la partie nord du pays et couvrent presque la moitié du territoire. Les sols d'ablation occupent toute la partie septentrionale du Ténéré et le Talak. Dans cette zone, on trouve sur des versants de certains massifs des reliques de paléosols formés sous des climats moins arides que l'actuel.

### *Les sols peu évolués*

Deux sous-classes sont rencontrées: sols peu évolués d'origine non climatique sur matériaux gravillonnaires, sols peu évolués d'origine climatique sur sable éolien. Dans les vallées on rencontre des sols peu évolués hydromorphes développés sur les alluvions récentes et présentant une texture hétérogène. Dans leur partie supérieure (0-100 cm), les profils présentent des taux d'argile très variables, allant de 20 à 30 pour cent.

**Distribution spatiale:** Les sols peu évolués d'origine climatique sur sable éolien sont situés dans l'extrême est du pays (partie sud et sud-est de l'erg du Ténéré). La deuxième grande unité qui est formée dans les zones plus arrosées, ce qui provoque un ruissellement intense (sols peu évolués d'origine non climatique sur matériaux gravillonnaires), est située à l'ouest du pays sur le socle birrimien.

### *Les sols subarides tropicaux*

Les sols subarides tropicaux appartiennent à la classe des sols isohumiques steppiques ou pseudo-steppiques, caractérisés par l'accumulation dans le profil d'une matière organique très évoluée à taux décroissant progressivement sur au moins la moitié du profil et sur plus de 50 cm, évolués sur sable, pauvres en argile et limon d'origine éolienne. Ils ont une faible capacité d'échange cationique, sont faiblement désaturés et ont une faible réserve hydrique. Les plus répandus sont les sols bruns sur matériaux argilo-sableux et les sols brun-rouge sur sables éoliens.

**Distribution spatiale:** Ils forment une bande d'ouest en est, traversant tout le pays, de la frontière du Mali au lac Tchad.

### *Les sols ferrugineux tropicaux*

Ce sont des sols à profil type ABC ou A (B) C qui se caractérisent par une individualisation des oxydes de fer ou de magnésium leur conférant une couleur rouge, jaune, ocre ou noire. Ils ont une structure massive en A et (B), et un complexe argileux moyennement désaturé. Ils présentent

dans les différents horizons des taux d'argile variant de 2 à 7 pour cent avec une différence de teneur en argile n'atteignant pas 5 pour cent en valeur absolue. On distingue les sols ferrugineux non ou peu lessivés sur sables, les ferrugineux lessivés à concrétions et des sols hydromorphes.

**Distribution spatiale:** Ils sont situés dans la partie méridionale du pays.

### *Les vertisols*

Les vertisols sont toujours argileux. Les argiles sont à forte majorité de type gonflant (de type 2/1). La différenciation des horizons d'un vertisol est essentiellement structurale et la couleur de ces horizons est presque uniformément gris foncé à noire. Les vertisols présentent toujours des fentes de dessiccation à la surface, dues à la sécheresse, et des faces de glissement en profondeur, témoignant du phénomène de mouvement dans la masse du profil. Les vertisols sont en général riches en calcium et magnésium et parfois en sodium. Ils peuvent présenter à la surface un microrelief ondulé appelé «gilgai». Deux conditions sont donc nécessaires pour que se forment des vertisols: un pédoclimat saturé d'eau suivi d'une saison très sèche et une roche-mère susceptible de fournir des argiles gonflantes, soit directement, soit par décomposition (cas des roches calcaires).

Au Niger, on rencontre surtout la sous-classe des vertisols topomorphes dont la pédogenèse est tributaire de la position topographique. Du fait du drainage externe nul, l'hydromorphie est de règle. Ils sont caractérisés par une abondance de  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  dans le complexe.

**Distribution spatiale:** On les trouve surtout à l'est du pays dans la cuvette du lac Tchad, dans la plaine argileuse du Damergou et dans la plaine de l'Irhazer au nord. Ils sont très peu représentés dans le pays.

### *Les sols hydromorphes*

Les sols hydromorphes ont des caractères pédogénétiques influencés par la présence d'eau en excès, de manière temporaire ou permanente, à des profondeurs diverses; la présence d'eau peut avoir diverses origines dont les principales sont la remontée de la nappe phréatique et le défaut d'infiltration. Les sols les plus répandus sont les sols hydromorphes à gley de profondeur et les sols hydromorphes associés à des sols ferrugineux.

**Distribution spatiale:** On les trouve surtout dans les grandes vallées (fleuve Niger, Tarka, Goulbi, Korama, Kazel, Dallol, Komadougou, lac Tchad).

### **Valeur agronomique (cultures principales)**

Les sols minéraux bruts n'ont pas de valeur agronomique. Seuls les sols d'apport sur les alluvions des oueds sont cultivés localement grâce à l'irrigation.

Les sols subarides, notamment les sols brun-rouge, ont une fertilité basse et sont surtout des sols réservés au pâturage compte tenu de leur position septentrionale (faible pluviosité). On trouve de temps à autres des cultures de mil.

Les sols ferrugineux tropicaux sont pauvres en éléments nutritifs mais constituent l'essentiel des terres de culture de mil, sorgho, arachide, souchet, sésame, niébé, etc.

Les sols hydromorphes constituent les terres aménageables pour la maîtrise de l'irrigation. Ils ont une fertilité moyenne à bonne, un taux de saturation presque 100 pour cent, dont 75 pour

cent représentés par le calcium en général, un pH de l'ordre de 7, une capacité d'échange de l'ordre de 10,67 méq/100g. Ils ont de bonnes réserves en eau. Ils sont aptes pour la riziculture (vallée du fleuve Niger), le maïs, le poivron et le piment (vallée de la Komadougou, cuvette du lac Tchad), l'oignon, la dolique et le blé (vallée de la Tarka et de la Maggia), les cultures de diversification comme la tomate, le piment, la laitue (vallées Goulbi et Korama), cultures de l'aïl, oignon, pomme de terre, poivron dans les oasis.

Les vertisols ont une bonne fertilité, un taux de saturation de l'ordre de 78,23 pour cent, une importante quantité de calcium dans le complexe absorbant, un pH entre 6 et 7, une capacité d'échange cationique (CEC) voisinant 23,06 méq pour 100g de terre. Ils ont une bonne réserve en eau. A noter le fort taux de fer libre (9,08 pour cent) traduisant l'importance de l'hydromorphie dans la dynamique des profils de ces sols. Ils sont aptes pour les cultures suivantes: riz, blé, haricot, tabac, maïs, poivron, melon, choux, piment, etc. On constate que malgré leur très bonne fertilité, les vertisols sont très peu exploités compte tenu du faible niveau de technicité de la population riveraine. Seuls les vertisols qui sont situés dans les zones d'aménagements hydro-agricoles modernes sont exploités pour la riziculture.

### **Contraintes de mise en valeur**

Les sols minéraux bruts sont impropres à la culture en raison de l'inexistence d'un horizon meuble. S'il existe, il est de faible profondeur, ce qui représente une contrainte pour leur mise en valeur. Les autres contraintes sont: la basse fertilité chimique, la faible capacité de rétention en eau, la sensibilité à l'érosion éolienne. Ils ont donc plutôt une vocation pastorale car situés en grande majorité dans la partie nord et nord est du pays.

Les sols peu évolués ont un niveau très bas de matière organique, une fertilité chimique faible. Ils sont sensibles à l'érosion éolienne et hydrique. S'ils sont de texture sableuse, ils ont l'inconvénient d'être très perméables ( $K = 250 \text{ cm/h}$ ) et sont très pauvres en matière organique.

Les sols subarides ont une fertilité minérale faible. Ils ont une très faible teneur en matière organique. Ils sont très sensibles à l'érosion superficielle par le vent. Très souvent, leurs horizons supérieurs sont érodés par le ruissellement ou par le vent. La contrainte majeure de ces sols sableux est en général leur appauvrissement continu dû à une surexploitation et à l'érosion.

Pour les sols hydromorphes, les principales contraintes relevées sont liées au phénomène de dégradation des sols sous l'effet de l'irrigation au niveau des aménagements hydro-agricoles, ce qui entraîne des baisses de la fertilité des sols et, par conséquent, des rendements, en particulier des cultures de riz. Cette dégradation se manifeste par la salinisation et l'alcalinisation des sols sous irrigation dans la vallée du fleuve.

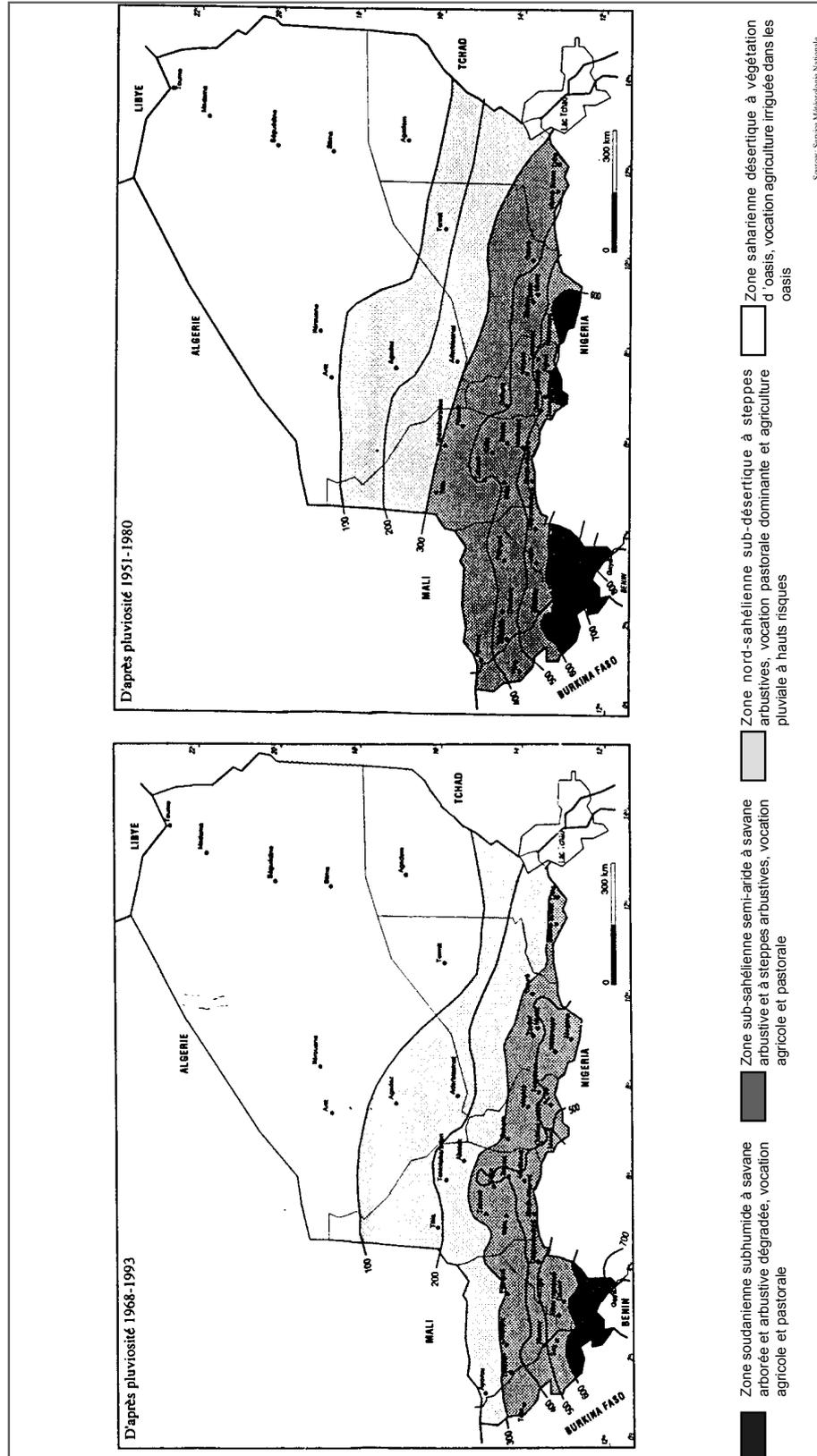
Pour les vertisols, la contrainte majeure est leur texture argileuse et leurs fentes de retrait assez profondes qui posent des problèmes d'exploitation. Cette contrainte peut cependant être atténuée si le niveau de technicité utilisé par les producteurs est amélioré.

### **Description des profils types des sols dominants**

#### ***Sols minéraux bruts***

Ce sont des sols ne comportant pas d'horizons différenciés. On note des lithosols et des régosols. Sur sable, on trouve des sols minéraux bruts qui sont caractérisés par une texture très sableuse

**FIGURE 2**  
**Zones agro-climatiques du Niger**



sur les pentes et les dunes. Dans les dépressions intermédiaires la texture devient plus compacte à cause de la teneur en argile plus élevée. Sur les plateaux ils sont rocailloux ou caillouteux.

### *Sols peu évolués*

#### *Description morphologique : Profil type P3L2*

- 0- 30 cm Brun à brun sombre (10YR4/3) à l'état sec et brun sombre (10YR3/3) à l'état frais; limon argilo-sableux; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments très fins, fins et moyens; très dur à l'état sec; nombreux pores très fins, fins et moyens; nombreuses racines très fines, fines et moyennes; limite distincte; pH 6,0.
- 30-39 cm Brun jaunâtre sombre (10YR4/4) à l'état frais; argile; structure polyédrique subangulaire non à faiblement développée en éléments fins, moyens et grossiers; ferme à l'état frais; assez nombreux pores très fins et fins; assez nombreuses racines très fines, fines et moyennes; limite distincte; pH 6,3.
- 39-64 cm Brun à brun sombre (10YR4/3) à l'état frais avec des taches d'hydromorphie de couleur brun à brun sombre (7,5YR4/4); argile limoneuse; structure polyédrique subangulaire non à faiblement développée en éléments fins, moyens et grossiers; ferme à l'état frais; nombreux pores très fins, fins et moyens; peu nombreuses racines très fines et fines; limite distincte; pH 6,4.
- 64-80 cm Brun jaunâtre clair (10YR6/4) et brun très pâle (10YR7/4) à l'état frais avec des taches d'hydromorphie de couleur jaune rougeâtre (7,5YR6/8); limon sableux; structure massive en éclats polyédriques subangulaires fins, moyens et grossiers; ferme à l'état frais; nombreux pores très fins, fins et moyens; peu nombreuses racines très fines et fines; limite distincte; pH 6,5.
- 80-97 cm Brun jaunâtre (10YR5/4) et brun très pâle (10YR7/4) à l'état frais avec des taches d'hydromorphie de couleur rouge jaunâtre (5YR5/8); limon argileux fin; structure massive en éclats polyédriques subangulaires très fins, fins et moyens; peu ferme à l'état frais; nombreux pores très fins, fins et moyens; peu nombreuses racines très fines et fines; limite distincte; pH 6,6.
- 97-125 cm Gris (10YR5/1) et brun à brun sombre (7,5YR4/4) à l'état frais avec des taches de gley de couleur gris très sombre (5YR3/1); argile; structure compacte; ferme à l'état frais; nombreux pores très fins et fins; limite distincte.
- 125-141cm Gris (10YR5/1) et brun à brun sombre (7,5YR4/4) à l'état frais avec des taches de gley de couleur gris très sombre (5YR3/1); argile à argile sableuse; structure massive très compacte; ferme à l'état frais; nombreux pores très fins, fins et moyens.

**Observations:** 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> horizons bariolés (deux couleurs). Fines fissures dans tout le profil. Nombreuses taches de pseudogley à partir du 3<sup>e</sup> horizon et des taches de gley de couleur (5YR5/1) dans les deux derniers horizons.

#### *Informations physico-morphologiques*

Ce type de sol se situe dans la vallée du Goulbi (cours d'eau temporaire) où la pente varie de faible à nulle. La couleur du matériau assez homogène varie de brun à brun sombre en surface

à gris en profondeur. Le profil présente de nombreuses taches d'hydromorphie rouilles à moins de 50 cm de profondeur. La structure polyédrique est moyennement à faiblement développée dans les horizons supérieurs et massive en profondeur. La consistance du matériau est très dure à l'état sec et ferme à l'état frais. La porosité est bonne et les limites entre les horizons sont distinctes. La conductivité électrique est très faible d'où aucun risque de salinisation, la réaction du sol est faiblement acide à moyenne (6,4). La rétention en eau variant avec la texture peut être forte à très forte entre 100 et plus de 200 mm sur 100 cm.

*Informations chimiques:*

La capacité d'échange cationique de ces sols est moyenne, elle varie de 6,8 à 26 méq/100g dans les différents horizons. La saturation en bases est très forte (plus de 99 pour cent). Leur complexe est dominé essentiellement par le calcium et le magnésium, respectivement plus de 70 et de 18 pour cent de la somme des bases. La teneur en potassium est faible et on constate un besoin élevé en cet élément. Les sols sont diversement pourvus en phosphore; ils en sont pourvus ou riches grâce aux apports effectués sur les parcelles mises en exploitation. Les sols sont pauvres à très pauvres en matière organique avec des taux variant entre 0,1 et 1,57 pour cent. La teneur en azote est très faible.

**Sols bruns subarides**

Ce sont des sols évolués à profil A(B) C ou ABC, avec l'horizon B structural à tendance argilique. La teneur en matière organique est faible dans l'ensemble (0,5 pour cent) et diminue progressivement vers la profondeur. Elle est en général fortement humifiée. La teneur en fer libre est relativement élevée dans le profil, ce qui donne une tendance de couleur rouge à l'horizon B. Le complexe absorbant de ces sols est saturé, principalement en calcium et secondairement en magnésium. La structure est en général légèrement litée en surface à cause des précipitations brutales des pluies, et généralement polyédriques en B pour les sols argileux, ou tout simplement massive de couleur plus rouge d'accumulation de fer pour les sols sableux.

Les sols bruns subarides peuvent se classer en 2 familles: sur sable éolien et sur les matériaux argileux issus du Continental Terminal (sud-ouest). Ils se forment dès qu'il y a un recouvrement sableux assez épais, aussi bien sur le glacis calcaire de l'ensemble du Continental Terminal, que dans les vallées sèches, sans parler de tous les sous-ensembles dunaires.

Les sols bruns subarides modaux ou typiques présentent un horizon B de couleur tendance 5YR.

Ces sols se développent sur les dunes, occupant les parties morphologiques entre la moitié supérieure de la pente inférieure jusqu'au sommet. Ils occupent donc la plus grande partie d'une dune. On peut rencontrer ce type de sol en partie dégradée. Cette dégradation est due à un recouvrement végétal presque inexistant, à un encroûtement fréquent de la surface du profil et à un développement de pénétration de matière organique moins profond.

*Description morphologique: profil A12 (sol brun subaride)*

Situation topographique:	sommet de la dune avec pente 2 à 3 pour cent
Paysage:	petites dunes ondulées
Substratum:	sable éolien
Perméabilité:	très forte
Erosion éolienne:	faible

Humidité du profil: sèche  
Végétation: steppe herbacée à recouvrement 40 à 60 pour cent

Classification:

Soil Taxonomy: Typic Camborthid Psammitique (modal non dégradé)

FAO: Yermosol sableux (modal non dégradé).

- 0-5 cm Sec, de couleur brun-jaune clair (10YR6/4), passant à brun (7,5YR 5/4) à l'état humide, texture sableuse grossière; structure non développée à éclats polyédriques subangulaires de taille moyenne et fine, consistance tendre, pores nombreux très fins et fins, nombreuses racines fines et très fines, limite abrupte.
- 5-17 cm Sec, de couleur brune (10 YR 5/3), passant à brun foncé (7,5YR 4/4) à l'état humide; texture sableuse grossière; structure non développée à éclats polyédriques subangulaires de taille moyenne et fine, consistance tendre, pores nombreux très fins et fins, nombreuses racines fines et très fines, limite graduelle.
- 17-98 cm Sec, de couleur rouge jaunâtre (5YR 5/6), passant à un peu plus foncé (5YR 4/6); texture sableuse grossière; structure non développée à éclats polyédriques subangulaires de taille moyenne et fine, consistance tendre, pores nombreux très fins et fins, nombreuses racines fines et très fines, limite graduelle.
- 98-125 cm Sec, de couleur brun vif (7,5YR 5/6) passant à rouge jaunâtre (5YR 5/8) à l'état humide; texture sableuse grossière; structure non développée à éclats polyédriques subangulaires de taille moyenne et fine, consistance tendre, pores nombreux très fins et fins, nombreuses racines fines et très fines et quelques moyennes.

#### *Informations physico-morphologiques:*

D'après la couleur des horizons, les cinq premiers centimètres correspondent à un recouvrement sableux récent (ce qui est confirmé par les analyses de la matière organique). La couleur caractéristique de ce type de sols a une Hue 5YR, au moins à l'horizon B. Pour le profil décrit ci-dessus, le 3<sup>e</sup> horizon correspond à AB par suite d'une présence de la matière organique relativement élevée (ce qui donne un chroma inférieur à 6).

#### **Sols ferrugineux**

**Sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions:** ce sont des sols hérités de successions de phases d'évolution pendant les périodes humides et de sécheresse. Ces phases ont entraîné la formation de nappes détritiques reconcrétionnées.

#### *Description du profil type: 2L8 Kouroungoussaou*

- 0-9 cm Brun jaunâtre (10 YR6/4) à l'état sec et brun jaunâtre(10YR5/4) à l'état frais; sable; structure polyédrique subangulaire faiblement à moyennement développée, en éléments très fins, fins et moyens; tendre à l'état sec; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; intense activité biologique; nombreuses racines très fines, fines et quelques moyennes; limite abrupte régulière; pH5.6.
- 9-18 cm Rouge jaunâtre (5YR5/6) à l'état sec et rouge jaunâtre (5YR4/6) à l'état frais; sable; structure polyédrique subangulaire faiblement à moyennement développée,

**TABEAU 1**  
**Résultats analytiques: profil A12**

Profondeur (cm)	Granulométrie %				PH		Matière organique				CaCO3 %	
	Elem. Gross. >mm	Sable Grossier 0-20	Fin 0-20 0-002	Silt 0.05-0.002	Argile <0-mm 002	H2O	HCl	C %	N %	C/N		M.O %
0-5		51,06	41,0	3,2	2,8	7,3		0,04	0,021	1,9	0,07	
5-17		47,1	39,2	2,8	8,8	7,4		0,30	0,025	12,0	0,52	0
17-98		57,3	37,3	1,0	4,5	7,3		0,14	0,023	0,08	0,24	0
98-125		53,1	38,8	3,2	5,6	7,7		0,06	0,023	2,6	0,10	0
Profondeur (cm)	Cations échangeables				Somme des bases	CEC	Saturation en bases %	P2O5 ppm		Fer %		Conduct en Mmhos/cm
	Ca	Mg	Na	K				Total %°	assim BRAYI	Total	Libre	
	← Meq /100g →											
0-5	1,2	0,6	0,02	0,15	1,97	2,4	82,0	7,0	0,62	0,26		
5-17	3,8	1,8	0,06	0,26	5,92	6,4	92,5	2,6	1,12	0,45		
17-98	2,0	0,6	0,02	0,08	2,7	3,0	0,091	1,6	0,54	0,24		
98-125	2,6	0,8	0,02	0,12	3,54	4,6	0,114	1,6	0,95	0,33		
Profondeur (cm)	Humidité %				Quantité d'eau nécessaire pour humecter les horizons à différents pF (mm)			Eau facilement utilisable en mm	Fer libre / fer total			
	Sèche à 105°	Pf2..5	Pf 3.0	Pf 4.2	2,5	3	4,2					
0-5	0,5	2,8	2,5	1,4	2,24	2,0	1,12	0,88		0,42		
5-17	0,6	4,2	4,1	2,3	9,06	7,87	4,41	3,46		0,40		
17-98	0,4	2,1	1,9	1,9	27,21	24,62	12,96	11,66		0,44		
98-125	0,6	3,5	3,0	3,0	15,12	12,96	7,34	5,62		0,35		

**TABEAU 2**  
**Résultats analytiques: profil 2L8**

Profond. (cm)	0-9	9-18	18-59	59-100	100-128	Profond. (cm)	0-9	9-18	18-59	59-100	100-128
<b>Texture</b>						<b>Réaction</b>					
<2µm(argile)	2,0	6,0	8,0	10,0	7,8	pH H <sub>2</sub> O	5,6	5,4	5,2	5,3	5,3
-2-50 µm(limon)	3,0	1,5	1,5	-	1,3	pH KCl	4,3	4,1	3,9	3,9	3,9
50 µm-2 mm (Sable)	94,4	92,0	88,8	88,4	88,5	<b>Complexe d'adsorption</b>					
<b>Rétention d'eau</b>						Cap.d'échange (méq/100 g sol)	1,11	2,52	2,89	2,68	3,17
Eau capil,	0,6	0,7	0,9	1,0	1,0	Na échang, (méq/100g sol)	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03
Eau utile	1,5	2,1	2,3	3,0	2,2	K échang, (méq/100g sol)	0,05	0,05	0,05	0,07	0,09
Stock d'eau mm	1,89	2,64	13,67	17,83	8,93	<b>Matière organique</b>					
<b>Matière organique</b>						<b>Mg échang,</b> (méq/100g sol)	0,2	0,6	0,8	0,6	0,8
Carbone Organique(%)	0,09	0,08	0,07	0,07	0,05	Ca échang, (méq/100g sol)	0,6	1,4	1,2	1,0	1,4
Azote total (mg/100g sol)						Somme des base (méq/100g sol)	0,87	2,06	2,07	1,70	2,32
Matière Organique(%)	0,16	0,14	0,12	0,12	0,09	Saturation en bases(%)	78	81	71	63	73
C/N	11,5	10,5	7,0			<b>Phosphore</b>					
<b>Conductivité Electrique(mmos/cm)</b>						Assimilable (mg P/100g)	11,2	0,7	tr	tr	0,4
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01						

- en éléments très fins, fins et moyens; tendre à l'état sec; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; quelques racines très fines et fines; limite distincte; pH5.4.
- 18–59 cm Rouge (2,5YR4/8) à l'état sec et rouge sombre (2,5YR3/6) à l'état frais; sable limoneux; structure polyédrique subangulaire faiblement à moyennement développée, en éléments fins, moyens et grossiers; tendre à l'état sec; nombreux pores très fins, fins, moyens et quelques larges; rares racines très fines et fines; limite distincte; pH5.2.
- 59-100 cm Rouge (2,5YR5/8) à l'état sec et rouge sombre (2,5YR4/8) à l'état frais; sable limoneux; structure polyédrique subangulaire non à faiblement développée, en éléments fins, moyens et grossiers; tendre à peu dur à l'état sec; nombreux pores très fins, fins, moyens et quelques larges; pas de racines; limite distincte; pH5.3.
- 100-128 cm Rouge clair (2,5YR6/8) à l'état sec et rouge (2,5YR4/8) à l'état frais; sable limoneux; structure polyédrique subangulaire non à faiblement développée, en éléments fins, moyens et grossiers; tendre à peu dur à l'état sec; nombreux pores très fins, fins et quelques moyens; pas de racines; limite distincte; quelques gravillons (10 pour cent) à la base de l'horizon; pH5.3.

### **Sols hydromorphes**

#### *Description morphologique: Profil J3*

Situation topographique:	plaine dépressionnaire
Pente:	<1 pour cent
Paysage:	glacis ferrallitique recouvert de dunes dégradées
Substratum:	sable et matériaux ferrallitiques
Perméabilité:	faible
Erosion:	faible
Humidité du profil:	sec en surface et frais en profondeur
Végétation:	forêt d'arbustes peu dense: <i>Acacias, Balanites</i>

#### Classification:

CPCS:	Sol hydromorphe à pseudogley
Soil Taxonomy:	Aquiq Camborthid
FAO:	Gleysol

#### *Description : profil J3*

- A11** 0-3 cm Sec de couleur gris brunâtre clair (10YR6/2), passant à brun grisâtre à l'état humide; texture sableuse; structure peu développée en polyédrique subangulaire de taille moyenne et de consistance dure; nombreux pores très fins et fins; assez nombreuses racines fines et très fines; pas de réaction à HCl 1/2; limite abrupte.
- A12** 3-24 cm Frais de couleur grise à gris clair (10YR6/1), avec des taches brun vif (7,5YR5/8); texture sablo-limoneuse; structure peu développée en polyédrique angulaire de taille moyenne et de consistance dure; nombreux pores très fins, fins et moyens; quelques racines moyenne et fines; pas de réaction à HCl 1/2; limite distincte.

- Bg 24-49 cm** Frais de couleur gris clair (10YR6,5/1) avec des taches bariolées plus vives; texture sablo-limoneuse; structure massive, compacte et de consistance très dure; nombreux pores fins et très fins; quelques racines moyennes et fines; pas de réaction à HCl 1/2; limite graduelle.
- Bg 49-130 cm** Frais de couleur bariolée gris rosé (10YR7/2 et 6/3) et brun vif (7,5YR5/6); texture sablo-limoneuse; structure massive, compacte et de consistance très dure et à éclats anguleux moyens; nombreux pores très fins et fins; rares racines fines.

*Informations physico-morphologiques et chimiques:*

Ici, l'hydromorphie se manifeste sous forme de taches de pseudogley remontant presque jusqu'à la surface. La texture est de tendance limoneuse avec une importante fraction de sable grossier. La structure est dans l'ensemble peu développée à massive en profondeur. On note une bonne porosité dans le profil et une bonne capacité de rétention d'eau. Sur le plan chimique, on remarque que ces sols sont légèrement acides et ont une faible teneur en matière organique bien décomposée. Le complexe absorbant est bien saturé, la capacité d'échange des argiles dominantes est d'environ 70 méq pour 100g.

**TABEAU 3**  
**Résultats analytiques: profil J3**

Profondeur (cm)	Granulométrie %					Ph		Matière organique				CACO3 %
	Elem. Gross. >mm	Sable Gross. 2 0.20	0-20 0-002	Silt 0.05-0.002	Argile<0. 002 mm	H2O	HCl	C %	N %	C/N	M.O %	
0 - 3		37,5	36,1	14,8	10,8	6,7		0,16	0,087	1,8	0,21	
3 - 24		42,3	27,9	10,9	17,6	6,6		0,24	0,043	5,6	0,42	
24 - 49		48,3	29,9	8,9	14,7	7,2		0,16	0,029	6,1	0,21	
49 - 130		47,1	32,4	6,9	14,9	6,8		0,10	0,022	4,5	0,18	
Profondeur (cm)	Cations échangeables				Somme des bases	CEC	Sat. en bases %	P PPM fer %				Conductiv. mmhos/cm
	Ca	Mg	Na	K				Total	Ossim BRAYI	Total	Libre	
	←	Meq /100g					→					
0 - 3	4,6	1,6	0,02	0,64	6,86	7,6	90	0,183	11,0	0,30	0,14	< 0,2
3 - 24	6,4	2,8	0,02	0,71	9,93	11,8	84	0,366	10,7			< 0,2
24 - 49	5,0	1,8	0,02	0,51	7,33	11,2	65	0,314	6,2			< 0,2
49 - 130	4,6	3,2	0,02	0,53	8,35	9,4	89	0,303	6,7			< 0,2
Profondeur (cm)	humidité %				Quantité d'eau nécessaire pour connecter les horizons à différents pF(mm)			Eau facilement utilisable en mm				
	Sèche à 105°	pF 2.5	pF. 3.0	pF 4.2	2,5	3	4,2					
0 - 3	0,7	10,1	8,9	4,9	4,8	4,2	2,3	1,8				
3 - 24	1,7	13,4	13,1	8,1	45,0	44,0	27,2	16,8				
24 - 49	1,6	10,5	9,8	6,0	42,0	39,2	24,0	15,2				
49 - 130	1,7	11,1	10,6	6,1	143,9	137,4	79,2	58,2				

**Vertisols**

*Description morphologique: Profil E4*

- Situation topographique: plaine dépressionnaire à 30m du point le plus bas (micro-relief en gilgai)
- Pente: <1 pour cent
- Paysage: glacis calcaire ondulé plus ou moins ensablé (G2C et G2CS)

Substratum:	calcaire
perméabilité:	faible
Erosion:	faible
Humidité du profil:	frais
Végétation:	steppe herbacée (recouvrement 50 pour cent environ) à majorité <i>Cyperus</i> , avec quelques arbustes ( <i>Acacia</i> et nombreux arbres morts).

## Classification:

Soil Taxonomy: Typic Chromustert

FAO: Vertisol chromique

**A 0-10 cm** Sec de couleur brun grisâtre foncé (10YR 4/2), passant à très foncé (3/2) à l'état humide; texture argileuse; structure bien développée en polyédrique sub-angulaire à prismatique moyenne, de consistance dure; taches d'hydromorphie le long des racines; faible effervescence à HC1 ½; assez nombreux pores très fins et fins, assez nombreuses racines très fines et fines; limite distincte; fentes de retrait importantes remplies d'éléments plus grossiers.

**B 10-53 cm** Frais de couleur rouge sombre (2,5YR 3,5/2), texture limono-argilo-sableuse; structure peu développée en polyédrique angulaire à prismatique moyenne; fentes de retrait jusqu'à la base de l'horizon, remplies d'éléments plus grossiers; quelques faces de glissement; collant et plastique; effervescence à HC1 ½; peu nombreux pores fins et très fins; peu nombreuses racines fines; limite diffuse.

*Informations chimiques:*

Le PH est basique (>7), un peu plus faible en surface qu'en profondeur. L'horizon B2 est rouge sombre (2.5 YR 3/2), la texture argilo-sableuse, collante et plastique, la structure peu développée en polyédrique angulaire à prismatique moyenne, d'assez nombreuses faces de glissement, une faible effervescence à HCl ½, de peu nombreux pores fins et très fins, quelques racines très fines.

En règle générale, dans la région, ces sols ont une teneur en matière organique qui se situe aux alentours de 1 pour cent (variant de 1,5 pour cent à 0,8 pour cent), qui pénètre progressivement et assez profondément dans le profil. L'argile a un complexe absorbant de capacité d'échange relativement faible pour un vertisol, la CEC est autour de 80 méq/100g, ce qui indique une faible teneur en argile gonflante et une proportion élevée en argile 1/1. Le complexe absorbant est malgré tout élevé dû à une teneur en argile et en matière organique élevée. Ce sol est bien saturé, surtout en calcium et en magnésium. La réserve en phosphore est importante, avec la forme assimilable élevée surtout dans les horizons de surface.

*Informations physico-morphologiques:*

Le profil est de type ABC où la différenciation des horizons se fait surtout selon la structure. L'horizon de surface A, plus argileux que ceux en profondeur, ne semble pas issu de la formation sur place. Il doit être issu du ruissellement ou de la décantation.

La couleur du profil est un peu claire pour un vertisol: le profil E4 a une certaine différenciation de couleur entre les horizons A et B.

La force de rétention d'eau est très élevée pour la pluviométrie de la région. Il a fallu plus de la moitié de la précipitation annuelle (145 mm) pour humecter le profil à pF 3 jusqu'à 53 cm de profondeur. Malgré cet inconvénient, le profil semble bien pourvu en eau puisqu'il est encore frais jusqu'à 1,30 m de profondeur au mois de décembre. Vu sa situation topographique, on peut dire que le profil a bien profité des eaux de ruissellement qui s'engouffrent rapidement en profondeur par les fentes de retrait.

La végétation montre à l'évidence que le profil présente un pédoclimat assez humide. La présence des arbres morts sur le site est l'indice d'un équilibre pédoclimatique très fragile; la végétation est très précaire pendant les années à faible pluviométrie.

**TABLEAU 4**  
**Résultats analytiques: profil E4**

Profondeur (cm)	Granulométrie %				pH		Matière organique				CaCO <sub>3</sub> %	
	Elem. Gross >2 mm	Sable Gross 2 - 0.20	Fin 0.20 - 0.002	Silt 0.05-0.002	Argile <0.002 mm	H <sub>2</sub> O	HCl	C %	N %	C/N		M.O %
0-10		14,2	19,0	18,3	48,8	6,8		0,70	0,071	10	1,2	1,1
10-53		22,3	26,3	19,7	33,1	8,7		0,70	0,15	5	1,2	0,5
53-130		20,9	28,8	11,4	38,3	7,9		0,25	0,027	9	0,43	1,5
Profondeur (cm)	Cations échangeables				Somme des bases	CEC	Sat. en bases %	P ppm ! fer %				Conducten mmhos/cm
	Ca	Mg	Na	K				Total	P.assim BRAYI	Total	Libre	
0-10	16,6	8,4	0,06	1,02	1,02	26,1	30,2	86	0,572	18,7		
10-53	20,0	7,0	0,08	0,8	0,8	27,9	28,4	98	0,223	40		
53-130	20,8	8,6	0,08	0,7	0,7	30,2	30,6	99	0,200	1,8		
Profondeur (cm)	Humidité %				Quantité d'eau nécessaire pour humecter les horizons à différents pF(mm)			Eau facilement utilisable en mm				
	Sèche à 105°	pF 2..5	pF 3.0	pF 4.2	2,5	3	4,2					
0-10	5,7	30,5	30,0	15,4	39,6	39	20	18,9				
10-53	3,5	23,3	22,6	17,7	150,3	145,8	114,2	31,6				
53-130	4,0	22,6	21,8	11,5	260,0	251,8	132,8	118,9				

*Description morphologique: profil 67*

Position géomorphologique: chenal dans la vallée actuellement active du fleuve

Pente: nulle

Matériau parental: alluvions récentes

Humidité: profil sec jusqu'à 150 cm

Drainage: très mauvais

Classification:

Soil Taxonomy: Vertic Ustifluent

**Ahg 0-16 cm** Brun jaunâtre (10YR 5/4) à l'état sec et brun sombre (10YR3/3) à l'état humide; nombreuses taches brunes (50 pour cent) , moyennes, distinctes; limites assez nettes; argile lourde; structure polyédrique subangulaire, faiblement développée très grossière; collant, plastique, extrêmement dur à

sec; nombreux pores très fins; très nombreuses racines très fines; transition distincte et régulière.

**BCg1** 16-59 cm Brun (10YR 4/4) à l'état humide; nombreuses taches brunes (30 pour cent), moyennes, distinctes; limites assez nettes; argile lourde; structure prismatique et polyédrique faiblement développée très grossière; collant, plastique, extrêmement dur à sec; nombreux pores très fins; très nombreuses racines très fines; quelques faces de glissement; transition distincte et régulière.

**BCg2** 59-150 cm Brun jaunâtre (10YR 5/4) à l'état sec et brun (10YR4/6) à l'état humide; nombreuses taches brunes (50 pour cent) moyennes, grandes, fortes, limites assez nettes; argile lourde; structure polyédrique faiblement développée très grossière; collant, plastique, extrêmement dur à sec; peu nombreux pores très fins; assez nombreuses racines très fines; transition distincte et régulière.

**Tableau 5**  
**Résultats d'analyses: profil 67 (vertisol)**

Horizon Profondeur(cm)	Ahg 0 – 16	BCg1 16- 59	BCg2 59 – 150	Horizon Profondeur(cm)	Ahg 0 – 16	BCg1 16- 59	BCg2 59 – 150
<b>Texture</b>				<b>Réaction</b>			
<2µm(argile)	91,0	93,3	93,6	pH H <sub>2</sub> O	4,5	5,5	5,4
2 – 50 µm(limon)	8,0	6,3	5,9	pH KCl	3,4	3,5	3,4
50 µm – 2 mm(sable)	1,1	0,3	0,5	<b>Complexe d'adsorption</b>			
<b>Rétention d'eau(%vol)</b>				Cap,d'échange (meq/100 g sol)	41,3	43,3	37,85
1/10 bars	57,7	62,8	67,3	Na échange, (méq/100g sol)	4,85	12,21	13,52
1/3 bars	52,1	57,5	59,9	K échange, (méq/100g sol)	0,8	0,94	0,92
15 bars	38,5	46,3	48,1	Mg échange, (méq/100g sol)	13,16	13,64	11,4
Eau utile	19,2	16,5	19,2	Ca échange, (méq/100g sol)	15,89	17,58	16,0
<b>Matière organique</b>				Somme des bases (méq/100g sol)	34,7	44,27	41,84
Carbone	1,36	0,8	0,5	Saturation en bases(%)	84,0	100	100
Organique(%)				<b>Phosphore</b>			
Azote total (mg/100g sol)	124	85	77	Total(ppm P)	180	299	184
Matière Organique(%)	2,34	1,38	0,86	Assimilable (mg P/100g)	3,61	4,66	4,74
C/N	11	9	6	<b>Conductivité électrique</b>			
Carbonates(%)	0,17	0,13	0,17	(mmhos/cm)	0,121	0,102	0,093

**CORRÉLATION DES SOLS DOMINANTS AVEC LES GROUPES DE RÉFÉRENCE DE LA BASE MONDIALE DE DONNÉES DE SOLS (BRM)**

Profils types	Principales données analytiques	BRM
Sols minéraux bruts	Profondeur: peu profond Texture: hétérogène mais gravillonnaire	<b>Horizon durique</b> Horizon plinthique: 25% volume Epaisseur: très mince
Sols peu évolués	Profondeur: >1,50cm Texture: Hétérogène pH: 6,5 – 7,6 SBE: 20 méq	Stratification des horizons Texture hétérogène
Sols bruns subarides	Profondeur: >1,50 cm Texture: sableuse (A + L) <10% en surface et 20% en profondeur PH: 5,7 – 5,3 V%: 69 – 53 CE: 3,6 – 6,2 méq	Epaisseur horizon Saturation
Sols ferrugineux	Profondeur: 2m Texture: sableuse en surface, sablo-argileuse en profondeur pH: 5 – 6 SBE: 0,8 – 2 méq V%: 40 – 70	Présence d'aluminium dans les horizons Horizon argique PH bas Saturation en bases: 50% ou plus
Vertisols	<b>Profil entier</b> Profondeur 2m: Fente de retrait Texture: argile Microrelief gilgai Faces de glissement	<b>Horizon vertique</b> profondeur: >25 cm Argile: >30% Stickenside Agréats
Sols hydromorphes	<b>Profil entier</b> Profondeur 1.2 m ou plus: Présence d'eau Texture: hétérogène Taches d'hydromorphie dès surface	<b>Horizon</b> Présence d'eau et manifestation de l'hydromorphie Couleur bleuâtre (2.5Y)

**OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LE SYSTÈME DE CLASSIFICATION ACTUELLEMENT UTILISÉ ET LA BASE DE RÉFÉRENCE MONDIALE**

Actuellement, les systèmes de classification utilisés par les services nationaux de pédologie s'inspirent encore des anciennes classifications, puisque le Référentiel pédologique français, paru en 1992, ne contemple que les sols d'Europe. De ce fait, c'est toujours la CPCS qui est utilisée comme système de classification des sols.

En ce qui concerne la Base de référence mondiale, elle est encore peu connue parmi les collègues pédologues de notre pays. La remarque importante qui peut être formulée dès à présent est que ce système se réfère plus à la description des horizons diagnostiques avec souvent des caractéristiques multiples qui nécessiteront du temps avant d'être assimilées et utilisées pour la description et la classification des sols. Pour la prospection de routine, il est recommandé d'utiliser les classifications nationales. Une des faiblesses de la BRM peut également venir des données analytiques pour définir certains horizons, qui requièrent beaucoup de temps d'attente avant de pouvoir finaliser la classification.

**CONCLUSION**

Malgré la récente parution de la Base de référence mondiale, il est probable que le système de classification CPCS continuera à être utilisé dans la région, le temps que les pédologues se familiarisent avec le nouveau référentiel. Pour accélérer son adoption par les pays africains, il est souhaitable d'organiser des sessions de formation sur son utilisation.

**BIBLIOGRAPHIE**

- AFES.** 1992. *Référentiel pédologique*. INRA, Paris.
- AISS/ISRIC/FAO.** 1999. *Base de référence mondiale pour les ressources en sols*. Rapport sur les ressources en sols du monde No 84, FAO.
- Allahoury A.**1996. *Synthèse des acquis sur la dégradation des sols sous irrigation de la vallée du fleuve Niger*. 49 pp.
- Barbiero, L., Berrier J.** 1994. *Mise en évidence d'une désalcalinisation « naturelle » des sols en région tropicale. Transformation de sols alcalins en sols bruns subarides dans un bas-fond sahélien du Niger*. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 319, série II, 659 - 665.
- Boulaine, J.** 1980. *Pédologie appliquée*. Collection sciences agronomiques. Masson. 220 pp.
- Dar Al-Handasah.** 1991. *Etude de développement de la cuvette de Mamouri*. 3 volumes.
- FAO/UNESCO/ISRIC.** 1988. *Carte mondiale des sols. Légende révisée*. Rapport sur les ressources en sols du monde No 60, FAO.
- FAO.** 1993. *Programme national de gestion des ressources naturelles*. Volume I .
- Garba, A. M.** 1999. *Rapport de synthèse de la caractérisation à multi-échelles*. Projet DMP/ ORU. Rapport N2, INRAN, Niamey, Niger. 35 pp.
- Garba, A.M., Idrissa O.** 1992. *Zonage agro-écologique des départements de Tillabéri et de Dosso*.
- Guéro, Y.** 1987. *Organisation et propriétés fonctionnelles des sols de la vallée du moyen Niger*. Thèse doctorat – ingénieur Universités de Tunis et de Niamey 206 p.
- INRAN, Purdue University, Alabama A&M University, Winrock International, University of Nebraska, AID.** 1992. *Projet de recherche agricole appliquée au Niger*. 189 pp.
- INRAN.** 1987 Résultats de cinq années d'activités des départements de recherche.36pp.
- Raynaud, C.** 1988. *Le développement rural de la région au village. Projet Maradi*. GRID; Bordeaux.



# An overview of the WRB reference soil groups with special attention to West Africa

## INTRODUCTION

The World Reference Base for Soil Resources (WRB) has been issued in 1998 (FAO, 1998), after a preliminary version was completed in 1994 (FAO, 1994) and tested in several parts of the world (Argentina, Germany, Russia and South Africa). The FAO Revised Legend of the Soil Map of the World (FAO, 1988) has formed the framework for WRB, according to the mandate of the Working Group on the World Reference Base for Soil Resources of the International Union of Soil Sciences (IUSS): "... to provide scientific depth and background to the 1988 FAO Revised Legend".

WRB comprises two tiers of categorical detail:

1. the "Reference Base", consisting of 30 reference soil groups; and
2. the "WRB Classification System", consisting of combinations of a set of prefixes as unique qualifiers added to the reference soil group, permitting very precise characterization and classification of individual soil profiles.

As compared to the 1988 Revised Legend, which has 28 Major Soil Groups, three reference groups have been added, while one of the 1988 major soil groups has been deleted. Newly defined reference groups are the *Cryosols* (soils from the arctic regions with evidence of cryoturbation), *Durisols* (soils in (semi-) arid regions with accumulation of secondary silica), and *Umbrisols* (soils with accumulation of organic matter and low base saturation). The major soil group of *Greyzems* in the Revised Legend has been merged with the *Phaeozems*, and the *Podzoluvisols* have been renamed *Albeluvisols*. An overview of the WRB reference soil groups is given in Table 2, page 19, of the present report.

The World Reference Base for Soil Resources uses diagnostic horizons, diagnostic properties and diagnostic soil materials to identify a soil. Thirty-four diagnostic horizons are recognized, as compared to 16 used in the Revised Legend. Many of the diagnostic properties in the Revised Legend have been given a thickness requirement, thus transforming them into diagnostic horizons. An example is the ferric properties, in the Revised Legend defined as having many coarse red mottles or discrete nodules, which in the WRB need to be present over a thickness of at least 15 cm. In addition, new diagnostic horizons have been formulated such as the melanic and fulvic horizons frequently occurring in volcanic soils.

*J. Deckers, Institute for Land and Water Management, Catholic University of Leuven, Belgium; F. Nachtergaele, Land and Plant Nutrition Management Service, FAO, Rome, Italy, and O. Spaargaren, International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, The Netherlands*

As a result of this, WRB recognizes less diagnostic properties than the FAO Revised Legend of 1988, 12 versus 26. It should, however, be mentioned that the Revised Legend's diagnostic properties also include materials which are distinguished separately in the WRB.

For classifying subdivisions of the Reference Soil Groups, a comprehensive set of "qualifiers" has been developed. These qualifiers all have unique definitions, in contrast to some of the subunits defined in the Revised Legend, which may have more than one connotation. This is due to the fact that the subunits were designed as part of the Revised Legend, whereby certain soil properties were put together under one heading for the sake of simplification.

A total of 121 qualifiers are now distinguished in WRB. For each Reference Soil Group a list of applicable qualifiers has been established in a priority sequence. Both the number of qualifiers and the sequencing may be subject to change in the future. Already some proposals have been received to add qualifiers, as well as to structure the sequencing differently.

For the present sequencing the principle has been used that first intergrades to other Reference Soil Groups are listed, followed by extragrades and special characteristics. This did not prove to be effective in all soil groups, therefore sequencing was done differently in, for example, the *Andosols* whereby the properties of the unique soil material have been given priority.

In addition to the qualifiers, the expression of intensity of certain soil characteristics or properties, or the depth of occurrence, can be indicated using one of the ten prefixes defined. These can be added to the qualifier name, thus giving even more information about specific soil conditions.

The Reference Soil Groups, together with the qualifiers, of which up to four may be used to name the soil, and the prefixes, now permit very precise classification of individual soil profiles, and are therefore an excellent tool for exchange of information and experience, not only amongst soil scientists, but also towards other disciplines.

## **WRB REFERENCE SOIL GROUPS IMPORTANT FOR WEST AFRICA**

West Africa covers the humid tropical, seasonally dry tropical and (semi-) arid regions, and, consequently, soils typical for all these three environments can be found. In addition, soils conditioned by specific parent material, and soils conditioned by relief (including wetland soils) occur as well. The various soils of these groups, and their correlation with the 1988 Revised Legend will be discussed.

### **Soils of the tropical regions**

This grouping comprises six Reference Soil Groups, viz. *Lixisols*, *Acrisols*, *Alisols*, *Nitisols*, *Ferralsols*, and *Plinthosols*. Apart from the Alisols, all these soils frequently occur in West Africa, in particular Lixisols and Acrisols, and to a lesser extent Nitisols, Ferralsols and Plinthosols.

#### ***Lixisols and Acrisols***

Lixisols and Acrisols are quite similar soils, separated from each other by their base status. They are characterized by subsoil clay accumulation ("argic horizon"), a low cation exchange capacity (less than 24 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> clay) due to the predominance of kaolinitic clays, and, in case

of Acrisols a low base saturation (less than 50%; Lixisols in contrast have a base saturation of 50% or more). The two Reference Soil Groups are quite similar to the ones from the 1988 Revised Legend, with one exception: included in the WRB Lixisols and Acrisols are soils with a deep (up to 200 cm thick) horizon of loamy sand or coarser texture overlying the argic horizon. In the Revised Legend these latter soils classified as Arenosols.

### *Nitisols*

Nitisols are soils characterized by a “nitic horizon”, in contrast to the revised Legend where Nitisols were defined as soils with a deeply stretched clay bulge and presence of “nitic properties”. The nitic horizon has a number of specific properties, viz. 30% or more clay, a low water-dispersible clay/total clay ratio, a low silt/clay ratio, moderate to strong nutty structures with shiny pedfaces, and a relatively high percentage of “active” and “free” iron, the ratio of which should be 0.05 or more. Included in the Nitisols, in contrast to the Revised Legend, are soils which have a ferralic horizon overlain by a nitic horizon (see Ferralsols). Otherwise little differences exist between the 1988 Nitisols and the WRB Nitisols.

### *Ferralsols*

The definition of the “ferralic horizon” in the WRB has been slightly modified as compared to its definition in the Revised Legend; omitted has been the requirement of a silt / clay ratio of 0.2 or less (often subject to debate in the past), while the presence of less than 10 percent water-dispersible clay is not required anymore if the soil has a high organic matter content or “geric properties”. Excluded from Ferralsols are soils which have a nitic horizon within 100 cm of the surface. Ferralsols normally have only weakly to moderately developed macrostructures. The strongly developed structure, typical for the nitic horizon, does not fit this concept, as does the relative high amount of “active” iron present in nitic horizons. Consequently, such soils are excluded from the Ferralsols, and admitted in the Nitisols where they form an intergrade to the Ferralsols (“Ferralic Nitisols”).

Special attention has been paid in the WRB definition of Ferralsols to the apparent occurrence of an “argic horizon” on top of or in a ferralic horizon. In many instances, the top of the ferralic horizon is marked by a clay increase sufficient to fulfil the requirements for the argic horizon. Regularly disputes arose whether in such cases the argic or the ferralic horizon as diagnostic prevailed. By the position of the Ferralsols in the Key to the Major Soil Groups in the Revised Legend it could be argued that the ferralic B-horizon has precedence over the argic B-horizon. However, this was not always clear to the users of the Revised Legend. In the WRB it is now stated that “... if the upper 30 cm of the clay-increase horizon contains 10 percent or more water-dispersible clay, an argic horizon has preference over a ferralic horizon for classification purposes, unless the soil material has geric properties or more than 1.4 percent organic carbon ....”. Such soils therefore classify as Lixisols or Acrisols.

### *Plinthosols*

WRB Plinthosols are soils that have an accumulation of iron oxides and clay, which hardens irreversibly upon repeatedly wetting and drying, **or that has already such a hardened layer**. This latter part is a major deviation from the 1988 Revised Legend, especially for those soils which have such a hardened layer at or near to the surface. In the Revised Legend such soils were considered Leptosols, in view of the limited rooting volume and the low water availability.

Because WRB places more emphasis on genetical relations between soils it has been decided to merge these soils with a shallow petroferic contact with the Plinthosols. This change will have considerable impact on mapping soils in West Africa whereby all “cuirasses” need to be re-mapped and re-classified as Petric Plinthosols.

### **Soils of the (semi-) arid regions**

This grouping comprises five Reference Soil Groups, viz. *Calcisols*, *Durisols*, *Gypsisols*, *Solonchaks*, and *Solonetz*. Also found in these areas are specific man-made soils, the *Irragric Anthrosols* also known as “oasis soils”. Due to their very limited extent in West Africa, these soils will not be considered in the present context.

#### ***Calcisols***

The WRB Calcisols are quite similar to the Calcisols in the Revised Legend. Particular emphasis in WRB is paid to the type of calcic horizon present. Distinction is made between a calcic (15–50 percent calcium carbonate equivalent) and a hypercalcic horizon (more than 50 percent calcium carbonate equivalent), whereby the accumulation of soft carbonates becomes such that all or most of the pedological and/or lithological structures disappear and continuous concentrations of calcium carbonate prevail. Included in the Calcisols are those soils which have a petrocalcic horizon at or near to the surface. These soils were included in the Leptosols of the 1988 Revised Legend.

#### ***Durisols***

Durisols are a new Reference Soil Group in the WRB with no direct equivalent in the Revised Legend. They comprise the soils that have accumulation of secondary silica (“durinodes” or “duripans”). On the Soil Map of the World (FAO-UNESCO, 1972-1982) they are shown as “duripan phase”. They have not been recorded in West Africa, but do occur in southern Africa and west Australia, as well as locally under Mediterranean conditions.

#### ***Gypsisols***

The WRB Gypsisols are also quite similar to the Gypsisols in the Revised Legend. Again, particular emphasis is paid to the type of gypsic horizon present. Distinction is made between a gypsic (15–60 percent gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) and a hypergypsic horizon (more than 60 percent gypsum). Included in the Gypsisols are those soils which have a petrogypsic horizon at or near to the surface. These soils were included in the Leptosols of the 1988 Revised Legend.

A special type of Gypsisol is recognized, namely the “Arzic Gypsisol”, developing under hydromorphic conditions. In such Gypsisols, accumulation of secondary gypsum is evenly distributed, and a gypsic horizon as such (having more gypsum than overlying and underlying horizons) is not present.

#### ***Solonchaks***

Solonchaks in WRB are quite comparable to the Solonchaks in the 1988 Revised Legend. They are characterized by the presence of a salic horizon (horizon with high electrical conductivity). New is that in the subdivision of Solonchaks the possibility exists to indicate the type of salts that are dominantly present, e.g. “Chloridic Solonchaks”.

### ***Solonetz***

The Solonetz, soils defined by the presence of a “natric horizon”, of WRB are identical to the Solonetz defined in the 1988 Revised Legend.

### **Soils conditioned by specific parent materials**

Two out of the three soils comprising this group are important for West Africa, viz. the *Arenosols* and the *Vertisols*. The third one, the *Andosols*, is only important for western Cameroon.

### ***Arenosols***

The important change made in WRB for the Arenosols as compared to the 1988 Revised Legend is their place in the Key to the Reference Soil Groups. In the Revised Legend Arenosols keyed out as 9<sup>th</sup> Major Soil Group (after the Histosols, Anthrosols, Leptosols, Vertisols, Fluvisols, Solonchaks, Gleysols and Andosols), whereas in the WRB Key Arenosols come one but last. As a consequence such tropical soils as “Giant Podzols” and Acrisols with a thick (more than 100 cm) coarse textured eluvial horizon are classified as Podzols and Acrisols respectively, rather than Arenosols as is the case in the 1988 Revised Legend, provided the spodic or argic horizon occurs within a depth of 200 cm. Included now in the Arenosols are also soils in shifting sands, soils that were formerly excluded from Arenosols.

### ***Vertisols***

Vertisols have virtually been unchanged apart from the inclusion of soils that have a strongly contrasting layer (lithic or paralithic contact, petrocalcic, petroduric or petrogypsic horizons, sedimentary discontinuity) between 50 and 100 cm depth below the soil that fulfils the requirements for Vertisols. Vertisols in WRB are characterized by the presence of a vertic horizon, which replaces the lengthy description in the 1988 Revised Legend comprising the presence of cracks, intersecting slickensides, wedge-shaped or parallelepiped aggregates. The options for subdivision of Vertisols include surface characteristics (“grumic” or “mazic”) as well as the colour characteristics of the original 1974 Legend of the Soil Map of the World (“pellic” or “chromic”).

### ***Andosols***

The main change that has taken place in the Andosols in WRB with respect to the 1988 Legend is the division based on the type of andic material. Three main types are recognized: a) the “vitr-andic” type, still dominated by a large amount of volcanic glass, representing an intermediate stage of weathering of the volcanic material, b) the “sil-andic” type, characterized by the presence of large amount of newly formed siliceous minerals (mainly opal), and c) the “alu-andic” type, in which large amounts of aluminium are present. The latter two soils are distinctly different in terms of soil acidity, the sil-andic types being slightly acid to more or less neutral, whereas the alu-andic types are strongly acid.

An important addition has been made with respect to the volcanic soils in the sense that freshly deposited or only very slightly altered volcanic ashes have been given a separate place in the Regosols as “Tephric Regosols”, being the forerunner of the various types of Andosols.

### **Soils conditioned by relief**

This grouping of soils comprises the *Leptosols*, *Regosols*, *Fluvisols* and *Gleysols*. They occur all over West Africa, in association with the soils discussed above.

#### ***Leptosols***

Leptosols cover shallow soils over hard rock as well as highly gravelly (more than 90 percent, by weight, gravel, stones or boulders) soils, and soils overlying highly calcareous materials. With respect to the 1988 Revised Legend soils have been taken out that have pedogenetically formed hard layers at or near to the surface (petrocalcic, petroduric, petrogypsic and petroplinthic horizons), which have been placed with the appropriate Reference Soil Group in WRB, viz. the Calcisols, Durisols, Gypsisols and Plinthosols.

#### ***Regosols***

Like with the Arenosols, the major change for the Regosols has been replacement in the WRB Key to the Reference Soil Groups. In the 1988 Revised Legend Regosols keyed out after the Arenosols on the 10<sup>th</sup> place. In WRB these soils key out last, thus forming the “basket” of soils that do not fit the criteria for the other 29 Reference Soil Groups. In the Revised Legend the Cambisols took up this function, a situation that always has been considered unsatisfactory.

Regosols comprise soils in unconsolidated deposits that hardly show signs of pedogenesis. Included in the Regosols are soils in man-made deposits that do not show significant evidence of soil formation (“Anthropic Regosols”). In the 1988 Revised Legend these soils qualified as Aric Anthrosols or Urbic Anthrosols. Anthropic Regosols can be subdivided according to the material they consist of (Aric for deep cultivation, Garbic for organic waste materials, Reductic for materials under anaerobic conditions due to gaseous emissions, Spolic for industrial waste material, and Urbic for earthy materials mixed with building rubble and artefacts).

#### ***Fluvisols***

Fluvisols in WRB have not changed significantly compared to their meaning in the 1988 Revised Legend. The main change has been the basis of their definition; where in 1988 “fluvic properties” diagnostic for the Fluvisols, WRB uses “fluvic soil materials” to define Fluvisols. An attempt has been made to more accurately describe the statement on “the recent past”, something that always raised many questions when applying the Revised Legend. “Recent past” is now described as covering the period during which the soil has been protected from flooding, and during which time soil formation has not resulted in the development of any diagnostic subsurface horizon (other than a salic or sulfuric horizon).

#### ***Gleysols***

The main change in the Gleysols as compared to the 1988 Revised Legend is the more restrictive conditions in the diagnostic criteria for “gleyic properties” with respect to the percentage of the soil mass affected by oximorphic and/or reductomorphic properties. WRB requires Gleysols to have these properties in either more than 50 percent of the soil mass, or in 100 percent of the soil mass below any surface horizon. Oximorphic properties reflect alternating reducing and oxidizing conditions, whereas reductomorphic properties reflect permanently wet conditions. The result of this change may be that soils, presently classified as Gleysols in the Revised Legend, may become a gleyic subdivision of one of the other Reference Soil Groups in WRB.

## **Other soils**

A few other soils may be important to discuss amongst the West African soils, viz. *Planosols*, *Luvisols*, and *Cambisols*. These belong to different soil groupings, mainly characteristic for temperate regions, but are known to occur in the region.

### ***Planosols***

Apart from the maximum depth requirement for the lower boundary of the abrupt textural change (125 cm in the 1988 Revised Legend vs. 100 cm in the WRB), which moves 1988 Planosols with an abrupt textural change between 100 and 125 cm into Arenosols (if coarse textured) or Regosols, and the switch of places in the Key between Solonetz and Planosols, their essence remains unchanged: soils with poor physical characteristics due to the slowly permeable subsoil causing stagnic conditions in the surface or shallow subsurface horizons.

### ***Luvisols***

Due to the significant changes made in the WRB definition of the Alisols, restricting these soils to humid tropical and subtropical regions, a gap developed as compared to the 1988 Revised Legend with respect to those soils with an argic horizon, which have a low base saturation but do not fulfil the requirements for the WRB Alisols. Permitting Luvisols to have a base saturation of less than 50 percent, a major change with respect to the Revised Legend, has solved this problem. Such soils, now classifying as “Dystric Luvisols”, occur in many forested areas of Europe and North America, and to a lesser extent in small areas in Latin America, Africa and Asia. Some “terres de barre” in Benin and Togo are an example of such soils.

### ***Cambisols***

Cambisols have become a Reference Soil Group of minor importance in West Africa. Most Cambisols according to the 1988 Revised Legend classified as “Ferralic Cambisols”, mainly because not all criteria were met for the ferralic horizon, in particular the criterion on having a silt/clay ratio of 0.2. Parent materials in West Africa produce rather silt-rich weathering products, and as a consequence many of the strongly weathered soils do have a silt/clay ratio of 0.5 or more. In the definition of the ferralic horizon in WRB the silt/clay ratio criterion has been omitted, therefore most of the 1988 Ferralic Cambisols become Ferralsols under WRB. A few soils remain which do not fulfil the requirements for the WRB ferralic horizon; these soils remain in the Reference Soil Group of Cambisols.

## **CONCLUSION**

Overviewing the changes made in the World Reference Base for Soil Resources compared to the 1988 Revised Legend of the Soil Map of the World, one may conclude that revisions may be necessary only on basis of a few details. Introduction and implementation of the World Reference Base in West Africa, with the knowledge about the 1988 Revised Legend already present should therefore not be a problem.



## **ANNEXES**



## Annexe 1

### Cérémonie d'ouverture

**ALLOCUTION DE BIENVENUE DU SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DES DÉPARTEMENTS DU ZOU ET DES COLLINES, M. JANVIER K. HOUGNON , REPRÉSENTANT LE PRÉFET.**

Monsieur le Représentant du Ministre du Développement Rural,  
Monsieur le Directeur scientifique de l'INRAB,  
Monsieur le Directeur général du CARDER-ZOU,  
Messieurs les Représentants de la FAO,  
Honorables invités, Mesdames, Messieurs,

Au nom du Préfet des Départements du Zou et des Collines et en mon propre nom, je vous souhaite la bienvenue dans cette ville historique d'Abomey.

L'importance des thèmes que vous aurez à examiner, les différentes sommités réunies dans cette salle et la présence à nos côtés de nos partenaires au développement que sont les représentants de la FAO, montrent d'ores et déjà que cette rencontre sera un succès.

En effet, au cours de cette assise, vous aurez, à travers de fructueux échanges de vues, l'occasion de discuter des données disponibles en matière de ressources en sols et de promouvoir l'agriculture du Bénin et celle des pays africains ici représentés.

Conscient de cet enjeu majeur pour une garantie de la sécurité alimentaire de chacun de nos Etats, je voudrais vous assurer de la disponibilité totale des autorités administratives du Département du Zou qui a l'honneur d'abriter cette assise, en vue de permettre la bonne marche de vos travaux et de rendre agréable votre séjour.

C'est sur cette assurance que je voudrais souhaiter plein succès à vos travaux. Je vous remercie.

**ALLOCUTION DE BIENVENUE DU DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT DE L'INSTITUT NATIONAL DES RECHERCHES AGRICOLES DU BÉNIN, DR DAVID Y. ARODOKOUN**

Monsieur le Représentant du Ministre du Développement Rural,  
Monsieur le Secrétaire général,  
Monsieur le Préfet des Départements du Zou et des Collines,  
Messieurs les Représentants des organisations internationales,  
Monsieur le Représentant du Directeur général du Centre d'actions régionales pour le développement des Départements du Zou et des Collines,  
Messieurs les participants, honorables invités, Mesdames, Messieurs,

C'est pour moi un agréable devoir et un honneur de vous souhaiter la bienvenue à la Quatorzième Réunion de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres.

Il y a 12 ans, presque jour pour jour (du 14 au 23 novembre 1988) s'est tenue au Bénin la neuvième réunion de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres. Il y a lieu de se réjouir du choix qui permet au Bénin d'abriter de nouveau ses travaux. Cette satisfaction vient de l'importance que revêt la corrélation des sols pour la mise en valeur des terres pour l'être humain, son environnement et sa sécurité alimentaire.

En effet, le sol, en tant que ressource naturelle très précieuse, a besoin d'être mieux connu, conservé et protégé contre le mauvais usage, ayant pour corollaires les phénomènes déjà visibles de dégradation et de pollution de plus en plus marquants.

L'enjeu est d'importance et appelle des actions concertées de tous et de toutes. L'objectif essentiel de la présente réunion, qui est d'harmoniser les points de vue sur l'utilisation de la base mondiale de données de sols pour une meilleure gestion de ces ressources se situe bien dans ce cadre.

Nous formulons l'espoir que les réflexions et échanges d'expériences des participants, au cours de cette réunion, débouchent sur des voies et moyens appropriés permettant l'utilisation rationnelle et durable des ressources en sols dans nos pays respectifs. La qualité des participants, tout comme la diversité des provenances et le programme dense, associant des exposés en salle avec les sorties sur le terrain, sont de l'ordre à rassurer sur la richesse des échanges et la pertinence des résolutions qui seront prises à l'issue de cette réunion.

En effet, cette réunion prévoit trois jours d'exposés sur l'approfondissement du document de la Base de référence mondiale de données de sols et sur les rapports des participants sur ces données ainsi que leur utilisation comme instrument pour la sécurité alimentaire, et deux jours de pratique sur le terrain pour la description de quelques profils pédologiques dans les Départements du Mono-Couffo, Atlantique-Littoral, Zou-Collines.

Cette quatorzième réunion de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres est organisée conjointement par notre pays, le Bénin, et l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) que nous désirons remercier ici.

Aussi, ai-je le plaisir de faire remarquer la présence dans la salle de toutes les personnalités invitées, témoignage manifeste de l'intérêt qu'elles accordent à cette réunion.

Chers collègues et amis pédologues, en vous souhaitant une fois de plus la bienvenue, j'espère très vivement que cette quatorzième session du Sous-Comité sera pour nous l'occasion de mieux consolider nos relations sur le double plan professionnel, dans la connaissance et la planification des ressources en sols, et institutionnel, par le renforcement de la collaboration entre les différentes institutions auxquelles nous appartenons.

L'Institut national des recherches agricoles du Bénin et ses chercheurs restent entièrement disponibles à cet égard.

Plein succès à vos travaux. Je vous remercie.

#### **ALLOCUTION DE BIENVENUE DE MONSIEUR LE REPRÉSENTANT DE LA FAO AU BÉNIN**

Monsieur le Représentant du Ministre du Développement Rural,  
Monsieur le Secrétaire général de la Sous-Préfecture du Zou-Colline,  
Chers collègues de la FAO,  
Messieurs les Directeurs, honorables invités, Mesdames, Messieurs.

C'est pour moi un agréable devoir de vous souhaiter, au nom du Sous-Directeur général de la FAO et Représentant Régional pour l'Afrique, Monsieur Bamidele F. Dada, et en mon nom personnel, la bienvenue à cette Quatorzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres.

J'aimerais aussi, au nom de la FAO et de son Directeur Général, Monsieur Jacques Diouf, remercier le Gouvernement du Bénin, pour son acceptation d'abriter cette réunion et pour les facilités mises à sa disposition.

Permettez-moi également de témoigner notre reconnaissance au Centre national d'agropédologie du Bénin pour l'effort déployé en vue de la tenue de ces assises dans de très bonnes conditions.

Mesdames et Messieurs, au Sommet mondial de l'alimentation, tenu à Rome en 1996, l'impérieuse nécessité d'accroître la production alimentaire et de réduire de ce fait le niveau de sous-alimentation, a été reconnue et acceptée par tous les pays membres. Des axes de stratégie ont été mis au point et proposés. Malheureusement, jusqu'à maintenant, la faim et la malnutrition continuent d'être le lot de plusieurs pays et plus particulièrement en Afrique.

Sans vouloir m'appesantir sur les causes profondes d'un tel fléau et de son étendue, je rappelle qu'en Afrique sub-saharienne, près de 300 millions de personnes souffrent encore de sous-alimentation.

Au taux annuel d'accroissement actuel de la population, taux qui se situe entre 2,8 et 3 pour cent, le nombre de bouches à nourrir doublera d'ici à l'An 2015. Il posera, à coup sûr, le double défi de la satisfaction des besoins alimentaires et de la préservation des ressources naturelles.

Une planification et une gestion judicieuses s'imposent donc pour améliorer la situation alimentaire et pour éviter le gaspillage et la dégradation de l'environnement.

La dégradation des sols résultant de pratiques culturelles inadaptées, ou de l'érosion hydrique et éolienne, constitue à juste titre un motif de préoccupation pour les gouvernements et pour les professionnels de l'agriculture, en ce sens qu'elle représente un frein à l'amélioration quantitative et qualitative de la production agricole.

Nous devons, par conséquent, explorer les voies et moyens de résoudre ce problème par la mise au point et la vulgarisation de techniques de production améliorées, par l'adoption de systèmes de tenures des terres qui sécurisent et motivent le paysan africain.

On sait que le rôle du producteur de base est un élément essentiel de la politique de recherche de l'autosuffisance alimentaire. En effet, sans l'adhésion du producteur, sa compréhension des enjeux réels et sa motivation, il ne peut y avoir de progrès significatifs de notre agriculture.

La recherche et la vulgarisation sont par la force des choses assumées par les Administrations. Des résultats intéressants ont déjà été obtenus par divers instituts en Afrique en ce qui concerne notamment la mise au point de variétés végétales à haut rendement et le maintien de la fertilité des sols ; mais ces résultats n'ont pas toujours été exploités comme il convient à cause de l'insuffisance des ressources mises à la disposition des chercheurs et des vulgarisateurs dont le nombre, d'ailleurs en constante diminution, ne répond pas aux besoins réels des agriculteurs alors que les organisations professionnelles paysannes ne sont pas encore à même de prendre la relève des agents publics.

Au stade actuel de l'agriculture africaine et face aux défis à relever, la solution ne peut être trouvée qu'à travers une collaboration sincère et soutenue entre décideurs, exécutants et la société civile. Il est temps qu'une symbiose s'enclenche entre chercheurs et agents de vulgarisation afin que les acquis de la recherche se transmettent correctement à nos paysans et leur permettent de mieux connaître les caractéristiques des sols qu'ils exploitent, la meilleure façon de conserver leur fertilité pour une production accrue et durable.

Mesdames et Messieurs les participants, l'éminent homme de science que fut le Professeur Henri Ahlgreen disait, je cite «le sol vient en premier, il est la base, la fondation de l'agriculture. Sans le sol, rien; avec un sol pauvre, une agriculture pauvre; un mode de vie pauvre; avec un bon sol, une bonne agriculture et un meilleur mode de vie. Une bonne agriculture commence par une bonne connaissance du sol.»

Vous êtes les spécialistes du sol et vous êtes les seuls en mesure de nous dire exactement quelles sont les caractéristiques intrinsèques de nos sols, leurs étendues et quels sont les types d'agriculture que l'on peut y pratiquer sans en entraîner la dégradation et la stérilisation à long terme.

En vous réunissant pour traiter de l'utilisation de la Base de référence mondiale des ressources en sols comme instrument de la sécurité alimentaire dans notre Région, vous répondrez non seulement aux préoccupations majeures des dirigeants des pays concernés, mais aussi à la satisfaction d'un des objectifs de la Base de référence qui est de servir de langage scientifique de base à différentes applications dans des domaines qui sont liés, tels que l'agriculture, la pédologie, l'hydrologie et l'écologie ; et de transfert de techniques d'utilisation du sol d'une région à une autre.

L'ordre du jour de vos assises prend en compte tous les aspects se rapportant aux sols.

En dehors de la note d'introduction sur la base de référence, vous aurez à échanger vos points de vues sur les expériences nationales d'utilisation de la base de référence et les problèmes de corrélation avec les systèmes de classification en cours. Vous aurez aussi à prendre part à une session complémentaire sur les systèmes de gestion équilibrée des nutriments.

Ainsi l'occasion vous est donnée, au cours de ces cinq jours, de pouvoir discuter des résultats de vos différentes études en vous enrichissant des expériences des uns et des autres et en dégagant les voies et moyens d'une coopération fructueuse.

Comme je vous le disais il y a quelques instants, nous ne devons en aucun moment perdre de vue le besoin pressant d'améliorer et de maintenir la capacité productive de nos sols, en étroite collaboration avec nos paysans. Je vous demande de penser à eux lors de vos délibérations.

Je souhaite enfin que cette réunion soit pour vous l'occasion de consolider vos relations professionnelles et votre conviction profonde de contribuer à l'avènement d'une Afrique libérée de la famine et de la malnutrition.

Je vous remercie.

#### **DISCOURS D'OUVERTURE DU REPRÉSENTANT DU MINISTRE DU DÉVELOPPEMENT RURAL**

Monsieur le Représentant de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture,  
Monsieur le Représentant du Préfet des Départements du Zou et des Collines,

Monsieur le Directeur scientifique de l'INRAB,  
Monsieur le Directeur de CARDER– ZOU,  
Honorables invités, Mesdames, Messieurs les délégués,

C'est pour moi un honneur et un agréable devoir de présider ce lundi 9 octobre de l'an 2000, la cérémonie d'ouverture de la Quatorzième Réunion du Sous-Comité de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, réunion organisée conjointement par la FAO et le Bénin.

Je voudrais saisir l'opportunité qui m'est offerte pour adresser, au nom du Ministre du Développement, empêché, mes sincères remerciements aux autorités de la FAO pour le choix porté sur le Bénin pour abriter cette importante assise du monde scientifique. Le Bénin s'honore de ce choix et se félicite de la présence de nombreux chercheurs venus de plusieurs pays d'Afrique et d'Europe et par delà l'intérêt évident de l'événement, apprécie la marque d'estime et de confiance dont il jouit.

Je voudrais également rendre hommage à toutes les personnalités qui ont bien voulu, malgré leurs multiples occupations, honorer de leur présence cette cérémonie.

Mesdames et Messieurs, le Bénin, de par ses sols, sa végétation et son climat est durement éprouvé par la surexploitation des terres suite à l'accroissement de la densité de population. En effet, la densité moyenne de la population a évolué de 42,8 habitants au km<sup>2</sup> en 1992 à 51,4 habitants au km<sup>2</sup> en 1997. Sur les plateaux du sud Bénin, elle est passée de 100 à 300 habitants au km<sup>2</sup> entraînant ainsi une dégradation de près de 40 pour cent des sols dans ces localités. C'est dire tout l'intérêt que le Gouvernement porte aux conclusions des travaux de vos assises.

La connaissance des sols revêt un intérêt primordial pour le développement de l'agriculture, de la forêt et des pâturages. Le sol constitue en effet un support, une source d'aliment et un réservoir d'eau pour les plantes. L'étude de nos sols s'avère de ce fait d'autant plus importante que s'ils ne sont pas convenablement utilisés, ils se révèlent fragiles et peuvent se dégrader définitivement. Dans ce contexte, je saisis cette occasion pour vous féliciter de la pertinence du thème choisi, qui cadre parfaitement avec nos préoccupations en la matière. En effet, le thème de cette quatorzième réunion représente pour le Bénin une question importante dans sa lutte pour l'autosuffisance alimentaire.

Le Centre national d'agro-pédologie étudie, depuis 1995, le problème de l'érosion pluviale sur les sols ferrugineux tropicaux au nord et sur les terres de barre au sud du Bénin. Il a constitué une banque de données de sols et de terrain depuis le littoral jusqu'à la latitude de Savè. Il a également réalisé une étude sur l'estimation de l'érosion sur une superficie de 10 000 km<sup>2</sup>.

Mesdames, Messieurs les délégués, chers pédologues, c'est à vous qu'il revient, en tant que spécialistes, de bien définir la Base de référence mondiale de données de sols, d'évaluer les potentialités agricoles, de donner des conseils quant à la mise en valeur rationnelle et de suivre l'évolution pour éviter toute dégradation précoce. Dans cette optique, cette réunion constitue un moment important en matière de coopération scientifique et technique dans le combat pour un meilleur bien-être de nos populations.

Aussi voudrais-je souhaiter que vos discussions tiennent grand compte de ces préoccupations qui supposent des études méthodiques rigoureuses des sols et du savoir-faire du paysan. La stratégie de mise en valeur que vous serez amenés à proposer devrait tenir compte aussi bien des considérations scientifiques que des aspects pratiques. L'intérêt sera d'autant plus grand que vous parlerez le même langage et que vous chercherez à faire un usage judicieux des

données obtenues de vos recherches, en mettant en commun les connaissances acquises et en élaborant un système adéquat de leur aménagement en vue d'une utilisation ultérieure.

Monsieur le Représentant de la FAO, nous apprécions à sa juste valeur l'assistance, utile et efficace, que votre organisme ne cesse d'apporter à nos Etats dans le domaine de la production. Nous vous prions donc de bien vouloir transmettre nos sincères remerciements aux plus hauts responsables de cet organisme pour leur appui tant financier que technique à cette conférence.

Honorables invités, Messieurs, Mesdames les délégués, en souhaitant plein succès à vos travaux, j'exprime le vœu que les échanges que vous aurez au cours de cette assise servent à un enrichissement mutuel permettant un pas en avant dans nos efforts en vue de la mise en valeur des sols en Afrique et consolident la coopération scientifique internationale.

A tous et à toutes, je souhaite un heureux séjour à Abomey, capitale historique du Bénin.

C'est sur cette note d'espoir que je déclare ouverte la Quatorzième Réunion du Sous-Comité de corrélation des sols.

Vive la coopération internationale, Vive la coopération interafricaine.

Je vous remercie.

## Cérémonie de clôture

### ALLOCUTION DE CLÔTURE DE DR ANASTASE AZONTONDE, DIRECTEUR DU CENAP

Messieurs les Représentants de la FAO, Mesdames, chers collègues, nous sommes à la fin de la Quatorzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres. Nos discussions à Abomey et sur le terrain ont porté sur la meilleure façon d'utiliser la Base de référence mondiale des sols pour assurer la sécurité alimentaire.

Les différents rapports nationaux ont montré les connaissances que chaque pays a de la BRM et l'usage qu'il en a fait dans le cadre de la cartographie des sols.

Les visites sur le terrain ont été utiles à maints égards: elles ont, d'une part, permis une meilleure compréhension de ce nouvel outil que représente la BRM et, d'autre part, répondu à l'une des préoccupations majeures du Ministère du Développement rural, à savoir «Donner des conseils quant à la mise en valeur rationnelle des sols».

Les différents groupes de travail ont formulé des propositions et des recommandations pour une meilleure utilisation de la BRM. Je vous invite à mettre en pratique ces recommandations afin qu'à la Quinzième Réunion de notre Sous-Comité, à Ouagadougou, nous puissions présenter la carte pédologique de nos pays respectifs établie sur la base de la BRM.

C'est sur cette note d'espoir que je déclare close la Quatorzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols. Je souhaite à tous un bon retour dans leurs pays respectifs et vous remercie.

## Annexe 2

# Programme

### **Samedi 7 et Dimanche 8 octobre 2000**

- \* Arrivée des participants
- \* Accueil et hébergement
- \* Enregistrement.

### **Lundi 9 octobre 2000**

#### 09h30 - 10h15 **Cérémonie d'ouverture**

- \* Allocution de bienvenue, (CENAP)
- \* Allocution de bienvenue (Représentant de la FAO)
- \* Discours d'ouverture (Ministère de l'Agriculture)

10h15 - 10h45 Pause

10h45 - 11h15 Election du bureau  
Adoption du programme

11h15 - 11h30 Introduction générale de la réunion  
*Racim Sant'Anna, FAO (Accra)*

11h30 - 12h15 Note introductive sur la Base de référence mondiale (historique, groupes de sol, usage dans la corrélation régionale) *Freddy O. Nachtergaele, FAO, Rome*

12h15 - 13h30 Discussion

13h30 - 14h30 Déjeuner

#### 14h30 - 15h35 **Présentation des rapports nationaux**

- Bénin
  - Ghana
- Discussion

15h35 - 16h00 Pause

#### 16h00 - 17h30 **Présentation des rapports nationaux (suite)**

- Sénégal
  - Mali
- Discussion / synthèse de la journée.

### **Mardi 10 octobre 2000**

#### 08h00 - 09h45 **Présentation des rapports nationaux (suite)**

- Togo

- Niger
- Discussion

09h45 - 10h15 Pause

10h15 - 12h00 **Présentation des rapports nationaux** (suite et fin)

- Nigeria
- Burkina Faso
- Discussion

12h00 - 13h30 Déjeuner

13h30 - 15h00 **Groupe de travail**

- a) Utilisation des données du référentiel pour les essais agronomiques
- b) Utilisation du référentiel pour une classification régionale des sols

15h00 - 15h30 Pause

15h30 - 17h00 **Groupe de travail** (suite)

**Mercredi 11 octobre 2000**

**Séance commune avec les participants du BNMS (Balance Nutrient Management System)**

08h30 - 09h10 A system approach to balanced nutrient management in soil scapes of Saharan Africa. *J. Deckers*

09h10 - 09h30 In for a penny, in for a pound: strategic site – selection and on-farm; client-oriented research to trigger sustainable agricultural intensification. *A. Maatman, M. Schreurs and C. Dangbégnon*

09h30 - 09h50 New developments in soil classification in view of user-friendly stratification on on-farm soil fertility experiments : World Reference Base for Soil Resources. *F. Nachtergaele, O. Spaargaren, J. Deckers, B. Ahrens*

09h50 - 10h10 Fertilizer use and agriculture transformation in the cereal-based systems of the drier savannas, Nigeria. *V.M. Manyong and K.O. Makinde*

10h10 - 10h40 Pause

10h40 - 11h00 Establishment of yield functions for maize on the basis of existing variability between fields and the determination of optimum rates for mineral fertilizer in the southern Guinea savanna of Benin. *M. Bernard*

11h00 - 11h20 Utilization potential of rock phosphates in agriculture in Togo. *K. Egue*

11h20 - 12h00 General discussion – oral and poster presentations Theme 1  
Chairman

12h00 - 13h30 **Déjeuner et retour à Abomey des participants**

13h30 - 16h30 Présentation des rapports des groupes de travail

16h30 - 17h00 Pause

17h00 - 17h15 Introduction à la visite de terrain (Environnement biophysique du Centre-Sud du Bénin, géologie, géomorphologie, climat et sols) *M. Igue*

17h15 - 19h00 Synthèse /Groupe de travail sur les recommandations

Nuit à Abomey

#### **Jeudi 12 octobre 2000**

##### **Visite : Paysage, sol et utilisation des terres de la savane secondaire du centre-sud du Bénin**

07h45 Départ pour Aplahoué et Eglimé (Département du Mono)

09h45 - 11h45 Toposéquence 1: profils 1 et 4 sur Continental Terminal BJZOUZ 1, BJZOUZ 2, BJZOUZ 3, BJZOUZ 4.

11h45 - 13h00 Toposéquence 2: profils 5 et 9 sur gneiss et migmatite BJEGLI 11, BJEGLI 12, BJEGLI 13, BJEGLI 14, BJEGLI 15.

13h00 - 14h00 Déjeuner

14h00 Toposéquence 3: profils 10 et 12 sur migmatite BJEGLI 16, BJEGLI 17, BJEGLI 18.

18h15 Nuit à Abomey

#### **Vendredi 13 octobre 2000**

07h45 Départ pour Dassa-zoumé (Département du Zou)

09h00 - 11h00 Toposéquence 4 : profils 13 et 16 sur migmatite BJIGM 0, BJIGM 1, BJIGM 2, BJIGM 3.

11h00 - 13h00 Toposéquence 5 : profils 17 et 19 sur migmatite BJEGLI 11, sur basalte BJIGM 4, BJIGM 5, BJIGM 6.

13h00 - 14h00 Déjeuner à Dassa

14h00 - 15h30 Discussion et adoption des recommandations / clôture.

15h30 Départ pour Cotonou (200 km)

18h30 Arrivée et nuit à Cotonou

**Samedi 14 & Dimanche 15 octobre 2000**

Départ des participants

## Annexe 3

### Participants

#### PAYS MEMBRES

##### Bénin

Dr H. A. AZONTONDE  
 Directeur, CENAP  
 Centre national d'agro-pédologie  
 01 B.P. 988, Cotonou  
 Tel: (00229) 35 00 70 / 94 29 04  
 Fax: (00229) 30 07 36  
 E-mail: cenap@bow.intnet.bj

Dr M. IGUE  
 Chef, Division inventaire et évaluation  
 des ressources en sols, CENAP  
 Centre national d'agropédologie  
 01 B.P. 988, Cotonou  
 Tel: (00229) 35 00 70 / 33 55 28  
 Fax: (00229) 30 07 36  
 E-mail: cenap@bow.intnet.bj  
 E-mail: igue-mouinou@lycos.com

M. G. KPAGBIN  
 Attaché de recherche, CENAP  
 Centre national d'agropédologie  
 01 B.P. 988, Cotonou  
 Tel: (00229) 35 00 70 / 94 08 37  
 Fax: (00229) 30 07 36  
 E-mail: cenap@bow.intnet.bj

M. M. LAWANI  
 Agro-pédologue, CENAP  
 Centre national d'agropédologie  
 01 B.P. 988, Cotonou  
 Tel: (00229) 35 00 70  
 Fax: (00229) 30 07 36  
 E-mail: cenap@bow.intnet.bj

M. I. YOUSOUF  
 Agro-pédologue, CENAP  
 Centre national d'agropédologie  
 01 B.P. 988, Cotonou  
 Tel: (00229) 35 00 70  
 Fax: (00229) 30 07 36  
 E-mail: cenap@bow.intnet.bj

M. V. AGOSSOU  
 Agro-pédologue  
 CRA Nord , INA  
 B.P. 03, N'Dali  
 Tel : (00229) 30 02 64  
 Fax : (00229) 30 07 36  
 E-mail: inrab.kite@intnet.bj

##### Burkina Faso

Dr L. THIOMBIANO  
 Pédologue, INERA  
 06 B.P. 9046, Ouagadougou 06  
 Tel: (00226) 31 92 02 / 31 92 08  
 Fax: (00226) 31 9208  
 E-mail: lamourdia.thiombiano@ messrs.  
 gov.bf

M. K. J. YAGO  
 Directeur général, BUNASOLS  
 Bureau national des sols  
 03 B.P. 7142, Ouagadougou 03  
 Tel: (00226) 36 18 85/89 36 21 22  
 Fax: (00226) 36 20 96  
 E-mail: bunasol@cenatrin.bf

M. R. KISSOU  
 Ingénieur agro-pédologue, BUNASOLS  
 Bureau national des sols  
 03 B.P. 7142, Ouagadougou 03  
 Tel: (00226) 36 18 85/89  
 Fax : (00226) 36 20 96  
 E-mail : bunasol@cenatrin.bf

M. A. K. NEBIE  
 Assistant pédologue , BUNASOLS  
 Bureau national des sols  
 03 B.P. 7142, Ouagadougou 03  
 Tel: B. (00226) 36 18 85/89 D. 43 66 20  
 Fax: (00226) 36 20 96  
 E-mail: bunasol@cenatrin.bf

M. A. SEMDE  
 Technicien supérieur en agro-pédologie  
 Bureau national des sols (BUNASOLS)  
 B.P. 7142, Ouagadougou 03  
 Tel: (00226) 36 18 85/89  
 Fax: (00226) 36 20 96  
 E-mail: bunasol@cenatrin.bf

### Ghana

Mr R.D. ASIAMAHAH  
 Director , Soil Research Institute  
 Academy Post Office  
 Kwadaso-Kumasi  
 Tel: (00233) 51 50353/4 Direct 50060  
 Fax: (00233) 51 50308  
 E-mail : soils@africaonline.com.gh

M. T. ADJEI-GYAPONG  
 Pedologist, Soil Research Institute  
 Academy Post Office  
 Kwadaso-Kumasi  
 Tel: (00233) 51 50353/4  
 Fax: (00233) 51 50308  
 E-mail : soils@africaonline.com.gh

### Mali

M. B. KEITA  
 Chef, Pédologie  
 IER – LABOSEP  
 BP 256 Sotuba, Bamako  
 Tel: B. (00223) 24 61 66 D. 24 68 94  
 E-mail: bassirou@ier.ml

### Niger

M. G. ANNOU  
 INRAN  
 B.P. 429, Niamey  
 Tel: (00227) 74 29 67 / 74 27 31  
 Fax: (00227) 74 29 67  
 E-mail: Garbaam@intnet.ne

### Sénégal

Dr M. KHOUMA  
 Chef du CNRA de Bambey  
 ISRA B.P. 3120, Dakar  
 Tel. (221) 973 63 48  
 Fax (221) 832 24 27

E-mail: douma@refer.sn  
 E-mail: mkhouma@isra.sn

### Togo

M. K. S. WOROU  
 Coordonnateur Gestion des ressources  
 naturelles  
 Institut togolais de recherche agronomie  
 B.P. 1163, Lomé  
 Tel: (00228) 25.30.96 / 25.21.48 / 25.41.18  
 or 07.70.04  
 Fax: (00228) 25.15.59  
 E-mail: itra@cafe.tg  
 E-mail: worou@usa.net

### OBSERVATEURS

Prof. S. J. DECKERS  
 Laboratory for Soil & Water  
 Vital Decosterstraat 102  
 3000 Leuven, Belgium  
 Tel : + 32-16-32 97 42  
 Fax : + 32-16-32 97 60  
 E-mail : seppe.deckers@agr.kuleuven.ac.be

Dr J. DIELS  
 Soil Scientist/Modeller  
 Resource and Crop Management Division  
 International Institute of Tropical Agriculture  
 Oyo Road, PMB 5320  
 Ibadan, Nigeria  
 Tel : (00234) 241 2626  
 Fax : (00234) 241 2221  
 E-mail : j.diels@cgiar.org

### FAO

Dr F. NACHTERGAELE  
 Fonctionnaire technique, ressources en sols  
 (AGLL)  
 FAO  
 Viale delle Terme di Caracalla  
 00100 Rome, Italie  
 Tel: (06)-570 54888  
 Fax: (06)-570 56275  
 E-mail: Freddy.Nachtergaele@fao.org

Dr R. SANT'ANNA  
Fonctionnaire principal des ressources en  
sols  
FAO, Bureau régional pour l'Afrique  
P.O. Box 1628  
Accra , Ghana  
Tel: (00233)-21-675000 Poste 3122  
(00233)-21-664608  
Fax: (00233)-21-668427  
E-mail: Racim.Santanna@fao.org

Mlle A. M.P. KUMAPLEY  
Secrétaire bilingue  
FAO, Bureau régional pour l'Afrique  
P.O. Box 1628, Accra , Ghana  
Tel: (00233)-21-675000 Poste 3121  
Fax: (00233)-21-668427  
E-mail: AmiMassan.Kumapley@fao.org

Mme D. OSINBOWALE  
Secrétaire  
FAO, Bureau régional pour l'Afrique  
P.O. Box 1628, Accra, Ghana  
Tel: (00233)-21-675000 Poste 3120  
Fax: (00233)-21-668427  
E-mail: Doreen.Osinbowale@fao.org



## Annexe 4

# Field excursion (Excursion sur le terrain) 12 – 13 October 2000

LANDSCAPE, SOILS AND LAND USE IN DERIVED SAVANNAH IN SOUTH-CENTRAL BENIN  
(GÉOMORPHOLOGIE, SOLS ET OCCUPATION DES SOLS DANS LA SAVANE DU BÉNIN CENTRE-SUD)

M. Igue, R. Sant'Anna and J. Diels

### CONTENTS:

Time schedule  
Geology and geomorphology  
Overview of landscapes and soils  
Soil profile descriptions and analysis

### TIME SCHEDULE

#### 12/10/2000

7.30: Introduction to the biophysical environment of south-central Benin (Geology. Geomorphology. Climate and Soils )  
7.45: Departure to Aplahoué and Eglimè (150 km. Mono Department)  
8.45: Toposequence 3 with profiles 9 to 11 on gneiss and migmatite (BJ EGLI 7. BJ EGLI8 and BJ EGLI 9)  
10.10: Toposequence 1 with profiles 1 to 3 on Continental Terminal (BJZOUZ1. BJZOUZ3 and BJZOUZ4)  
13.10: Lunch  
14.10: Toposequence 2 with profiles 4 to 8 on gneiss and migmatite (BJEGLI1. BJEGLI2. BJEGLI3. BJEGLI4. BJEGLI5)  
17.30: Departure to Abomey (60 km. Zou Department)  
18.15: Arrival and night at Abomey

#### 13/10/2000

7.45: Departure to Dassa-Zoumé (80 km)  
9.00: Toposequence 4 with profiles 12 to 14 on colluvium, gneiss and migmatite: (BJJGM1. BJJGM2. BJJGM3)  
11.00: Toposequence 5 with profiles 16 to 18 on basalt (BJJGM5. BJ CS 6 and BJ CS 7).  
13.00: Lunch

## GEOLOGY

Benin is situated on the Precambrian crystalline rocks, usually known as “Basement complex”; petrographically, it is largely composed of acid metamorphic rocks of the Dahomeyen series (gneiss, migmatite, granite). Included are basalt, gabbro, quartzite and volcano-sedimentary intrusive mylonite as well as rhyolite.

Migmatites cover more than 60 percent of the study area. They show a great variety of morphology. In this unit are grouped gneiss with biotite and amphibole, amphibolite and gneiss which are characterized by intensive migmatization.

The South is covered by sediments of Cretaceous to Quaternary ages.

## GEOMORPHOLOGY

The particular geomorphology of great zones is closely linked to lithology and geological history. The landscape is characterized by peneplains with scattered inselbergs, plateaux and the valleys of three rivers. The southern border is formed by the Cretaceous plateau.

This peneplain is crossed in the South-East by the Couffo river, in the West by the Ouémé which receives important affluents as the Okpara from North-East and the Zou from North-West. It is dominated by a string of mountains. These form units which are positioned NS: Dassa, Gobada, Logozohe, Tchetti, Savalou, Lanta, and Badagda. The study area is overlooked by Dassa and Savalou mountains (mean altitude 400 m, higher elevations are up to 465 m).

The peneplains seem to correspond with an old levelling surface or old pediment and the mean altitude is about 200 m. It stretches from a piedmont with gentle slope hills to rivers. But the slope from the Cretaceous plateau to the crystalline basement is very abrupt. The plateau distinctly overlooks the peneplain by more than 50 m (100 m in some places). Some relics and some outcrops of ferruginous crusts indicate this old surface in the Savalou zone. With the incision of the actual hydrographic network this old surface is mainly eroded. The hydrographic network follows the geological formations.

In the West of the study area, the topography is very gentle. The basement outcrops are very frequent but inselbergs are rare.

In the East, the landscape is formed by hills and the hydraulic network is dense.

In the South, the landscape forms a more pronounced topography with short rectilinear glacis. This zone corresponds with the younger part of the Crystalline basement.

Generally, the peneplain can be considered as surrounded by two higher altitude levels: Sedimentary plateau series in the South with more than 200 m and limited by a ledge; Mountain range of Savalou in the North.

The peneplain is composed of two levels: (1) medium level altitude (120–200 m) with very few marked landforms and convex slopes flank the granitic zones and short concave slopes elsewhere. In this way, the landform consists of small domes (interfluvies) with 2–3 percent slope where rill erosion is intensive and gully erosion starts from minor bed of backwaters. (2) low level altitude (< 120 m) with less than 1 percent slope.

## OVERVIEW OF SOILS

### Continental Terminal

On the plateau the major soils are Ferrali-haplic Lixisols (60 percent) and Ferrali-haplic Acrisols (40 percent) with medium pH ( $\gg$  6.0), low CEC (7.0, apparent CEC 19.8 for Bt horizons) and base saturation of about 60 percent (Bt horizons). On gravelly escarpments Leptosols and further downslope colluvial Arenosols occur. Valleys on Continental Terminal are dominated by Fluvisols and Gleysols.

### Basement Complex

The distribution and variability of soil types within terrain components can be derived from transects. Accordingly, most soils of the high peneplain on gneiss, migmatite, rhyolite and sandstones basement are Ferric Luvisols with a CEC of more than 24 meq/kg clay. Haplic Acrisols, Ferric Alisols and Ferric Lixisols are also found, sometimes associated with Haplic Arenosols on the transect. The B horizons of these ferric soils have a high content of Fe-Mn concretions, quartz gravel and stone fragments which are sometimes baked into ironstone. Plinthosols are also common in the sequence.

Removal of surface materials due to erosion forms skeletal or petroplinthic phases, which encourage water stagnation (Stagnic Luvisols) in the lower slopes of the transects.

When the soils are formed from granitic and quartzitic basements, the major soils are Haplic Arenosols with Eutric Regosols associated. These soils occupy great areas in the Agouna, Paouignan and Savè zones.

In the low peneplain the major soils are Mollic Gleysols, Eutric Vertisols, Eutric Cambisols and Mollic or Stagnic Solonetz. These soils, which are developed on basic rocks, have a high clay content and CEC, often with iron concretions. Organic matter occurs down to 0.5 – 0.6 m. Mollic Fluvisols sometimes occupy shallow valleys along rivers and streams.

Iron nodules and concretions are formed in the kaolinitic as well as in non kaolinitic matrix. But normally they are residually concentrated in the stoneline that is emplaced during slope evolution. Two types of nodules co-exist in the soils: pisolithic concretions on the one hand and lateritic materials and the nodules which must be considered as relics of an ancient weathered lateritic mantle on the other. The latter provides evidence of a former large extension of this mantle over the basement. The mantle seems to have been irregularly removed by drainage rejuvenation.

Relief seem to be an important factor of soil formation at the flanks of inselbergs where Mollic Leptosols are associated with Umbric Cambisols.

## SOIL PROFILE DESCRIPTIONS AND ANALYSIS

### ZOUZ 1

#### Soil Classification:

WRB: Eutri-Ferralic Nitisol (Chromic Lixisol ?)  
 Soil Taxonomy (1998): Fine-clayey Isohyperthermic Typic Kandiuistalf  
 CPCS (1967): Sol ferralitique faiblement désaturé

**Authors:** E. Mathé and A.M. Igué (4/5/98)

**Location:**

Vodjihoué village (Zouzouvou). Département du Mono. Benin  
6° 54.041' N. 1° 41.560' E; Elevation: 160 m

**Land system:**

Parent material: Sandy clay of Continental Terminal formation  
Physiography: Dissected plateau (Plateau d' Adja) with steepest slopes between 2 and 8 percent  
Position in land system: The site is located on the plateau on a 500 m long gentle linear slope (0.5 percent)  
Vegetation: maize. oil palm and Eucalyptus trees (reforestation)  
Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

**Moisture regime:**

Moisture condition at the time of examination: moist  
Depth of groundwater level: >2 m  
Drainage: well drained  
Internal drainage: rapid  
Runoff: slow to very slow

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 60 cm  
Effective soil depth: 120 cm  
Soil fauna: krotovines. insect nests  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Deep. dark reddish brown to red sandy loam on sandy clay soil with moderately developed subangular polyedric structure. showing many pores and well developed rooting pattern

**Detailed soil description**

**A<sub>p</sub>** 0-14 cm Dark reddish brown (5 YR 3/3) when moist. loamy sand; friable when moist; weakly developed very fine granular structure; many fine vesicular and interstitial pores; many fine roots; clear smooth boundary.

**E** 14-40 cm Dull reddish brown (2.5 YR 4/4) when moist. sandy loam; friable when moist; weakly developed fine and medium subangular blocky structure; many fine vesicular. interstitial and tubular pores; many fine and medium roots; gradual smooth boundary.

**B<sub>tl</sub>** 40-62 cm Reddish brown (2.5 YR 4/6) when moist. sandy clay loam; friable to firm when moist; moderately developed medium to coarse subangular blocky

structure; many fine to medium vesicular and tubular pores; continuous clay and Fe/Al cutans on root channels; common fine and medium roots; clear smooth boundary.

**B<sub>12</sub>** 62->120cm Red (10 R 4/6) when moist. sandy clay; strongly developed medium to coarse subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; continuous clay and Fe/Al cutans on root channels; few fine and medium roots.

### Soil analysis of profile 1

#### Zouz 1

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20µ	% 20 - 53µ	% 53-125µ	% 125-250µ	% 250 - 500µ	% 500 - 1000µ	% > 1000µ	USDA texture
_____ % of fine fraction _____													
Ap	0-14	0	87	3	10	1	2	6	30	37	13		2 loamy sand
E	14-40	0	83	4	14	2	2	4	25	37	13		3 sandy loam
Bt1	40-62	0	77	2	21	0	2	3	23	32	15		4 sandy clay loam
Bt2	62-120	0	57	2	41	0	1	3	16	21	13		5 sandy clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
_____ cmol(+)/kg soil _____ cmol+/kg clay														
Ap	0-14	2.9	0.8	0.2	0.3	0.09	0.3	0.0	4.6	5.8	60	73	6.9	6.2
E	14-40	2.1	0.4	0.1	0.3	0.05	0.7	0.0	3.6	5.2	38	55	7.0	6.1
Bt1	40-62	2.7	0.7	0.0	0.2	0.03	0.3	0.0	4.0	8.0	38	46	6.9	6.0
Bt2	62-120	3.7	1.1	0.0	0.2	0.02	0.7	0.0	5.8	13.0	32	39	6.9	5.8

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wcs	alpha	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	wc_0.1bar	wc_0.2bar	wc_15bar
_____ m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> _____ l/cm _____ - _____ - g/cm <sup>3</sup> _____ m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> _____														
Ap	0-14	14.20	0.051	0.56	11.0	0.04	0.38	0.0400	2.30	0.57	1.41	0.10	0.09	0.04
E	14-40	1.80	0.027	0.29	10.7	0.06	0.36	0.0422	2.44	0.59	1.47	0.10	0.08	0.05
Bt1	40-62	1.90	0.028	0.27	9.5	0.06	0.32	0.0425	2.34	0.57	1.44	0.10	0.07	0.05
Bt2	62-120	1.50	0.030	0.23	7.5	0.10	0.37	0.0713	1.48	0.32	1.41	0.20	0.18	0.12

### ZOUZ 3

Soil Classification:

WRB: Epipetric Plinthosol

Soil Taxonomy (1998): Fragmental Isohyperthermic Lithic Ustorthent

**Authors:** E. Mathé and A.M. Igué (6/5/98)

#### Location:

West of Vonnouhou Village (Zouzouvou) in area with ironstone outcrops. Département du Mono. Benin

6° 54.420' N. 1° 40.332' E; Elevation: 120 m

#### Land system:

Parent material: Sandstone of Continental Terminal formation

Physiography: Dissected plateau (Plateau d' Adja) with steepest slopes between 2 and 8 percent

Position in land system:	The profile is located just below a scarp on the upper valley side on a 200 m long convex slope (12 percent).
Vegetation:	maize. oil palm
Climate:	Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

**Moisture regime:**

Moisture condition at the time of examination: moist

Depth of groundwater level: >2 m

Drainage: moderately well drained

Internal drainage: rapid

Runoff: medium

**Surface features:**

Between 15 and 90 percent of surface is covered with stones; stones are 0.75 to 1.6 m apart; no rock outcrops

Water erosion: sheet and rill erosion. class 2

**Other features:**

Root distribution: up to 100 cm

Effective soil depth: >100 cm

Surface crusting: present

Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Shallow red loamy sand on sandy clay loam. with many petroferric sandstone gravels. stones and boulders. structureless. porous and with well developed rooting pattern

**Detailed soil description**

<b>A<sub>p</sub></b> 0-10 cm	Dark reddish brown (5 YR 3/3) when moist. gravelly loamy sand; loose when moist; weakly developed fine granular structure; many fine and medium vesicular and interstitial pores; 40 percent 5-10 mm irregular red hard Fe-Mn nodules; common very fine and fine roots; clear smooth boundary.
<b>ABsm</b> 10-27 cm	Dark reddish brown (5 YR 3/4) when moist. very stony loamy sand; friable when moist; no structure; many medium interstitial pores; 30 percent 5-10 mm irregular red-black hard Fe - Mn nodules; 60 percent 50-150 mm angular red-black Fe/Mn/kaolinite stones; common very fine and fine roots; clear wavy boundary.
<b>Bsm1</b> 27-70 cm	Dark reddish brown (2.5 YR 3/6) when moist. very bouldery sandy loam; friable when moist; no structure; many fine interstitial pores; 30 percent 5-10 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules; 60 percent 50-300 mm angular red/black/yellow hard Fe/Mn/kaolinite stones; common very fine. fine and medium roots; gradual wavy boundary.
<b>Bsm2</b> 70->100 cm	Reddish brown (2.5 YR 4/6) when moist. very bouldery sandy clay loam; friable when moist; no structure; many interstitial pores; 30 percent 5-10 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules; 50 percent 300 mm angular red/yellow hard Fe/kaolinite stones; common fine and medium roots.

## Soil analysis of profile 2

### Zouz 3

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20 $\mu$	% 20 - 53 $\mu$	% 53-125 $\mu$	% 125-250 $\mu$	% 250 - 500 $\mu$	% 500 - 1000 $\mu$	% > 1000 $\mu$	USDA texture
Aps	0-10	37	72	8	20	5	3	7	23	22	13	8	sandy loam
ABsm	10-27	84	81	3	17	0	2	4	19	33	14	12	sandy loam

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
Aps	0-10	10.7	3.0	1.0	0.4	0.08	0.3	0.0	15.5	13.9	70	108	7.4	6.8
ABsm	10-27	4.0	1.1	0.2	0.3	0.06	0.3	0.0	6.0	7.3	44	77	6.8	6.3

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr [ $\frac{m^3}{m^3}$ ]	wcs	alpha l/cm	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	we_0.1bar [ $\frac{m^3}{m^3}$ ]	we_0.2bar	we_15bar
Aps	0-10	54.50	0.181	2.01	11.1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
ABsm	10-27	2.70	0.063	0.54	8.5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

### ZOUZ 4

#### Soil Classification:

WRB: Eutric Regosol ?  
 Soil Taxonomy (1998): Fine-loamy Isohyperthermic Typic Ustorthent  
 CPCS (1967): Sol ferrallitique faiblement désaturé

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (4/5/98)

#### Location:

West of Nonnouhoué village (Zouzouvou) near stream. Département du Mono. Benin  
 6° 54.560' N. 1° 40.247' E; Elevation: 100 m

#### Land system:

Parent material: Colluvial material derived from sandstone of Continental Terminal formation  
 Physiography: Dissected plateau (Plateau d' Adja) with steepest slopes between 2 and 8 percent  
 Position in land system: the site is located on the lower valley side (near stream) on a 150 m long concave slope (3 percent).  
 Vegetation: Maize. cassava. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

#### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist  
 Depth of groundwater level: >2 m

Drainage: well drained  
 Internal drainage: rapid  
 Runoff: medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
 Water erosion: sheet and rill erosion. class 1 and 2

**Other features:**

Root distribution: up to 90 cm  
 Effective soil depth: >120 cm  
 Human influence: pottery fragments  
 Soil fauna: krotovines. insect nests  
 Surface sealing and crusting: none  
 Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Deep. dark reddish brown sandy loam on gravelly sandy clay loam soil. with moderately developed structure. showing few greyish mottles below 90 cm. many pores and well developed rooting pattern. A stoneline at 50 cm depth separates older from more recent alluvial deposits

**Detailed soil description**

- Ap** 0-10 cm Brownish black to dark reddish brown (5 YR 2.5/2) loamy sand; friable moist; weak fine to medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; few fine roots; clear smooth boundary.
- C<sub>1</sub> (B1)** 10-40 cm Dark reddish brown (2.5 YR 3/6); sandy loam; friable when moist; moderate medium to coarse subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; common fine and medium roots; clear wavy boundary.
- C<sub>2</sub> (B2)** 40-90 cm Dark reddish brown (2.5 YR 3/6); slightly gravelly sandy clay loam; firm when moist; strong medium to coarse subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; continuous thin clay/organic matter cutans on root channels; 5 percent 5-10 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules; common fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- C<sub>3</sub>** 90->125 cm Dark reddish brown (2.5 YR 3/6); gravelly sandy clay loam; few fine distinct clear greyish yellow brown mottles; friable when moist; moderately developed medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular. interstitial and tubular pores; 30 percent 5-15 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules; few very fine and fine roots.

### Soil analysis of profile 3

#### Zouz 4

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20 $\mu$	% 20 - 53 $\mu$	% 53-125 $\mu$	% 125-250 $\mu$	% 250 - 500 $\mu$	% 500 - 1000 $\mu$	% > 1000 $\mu$	USDA texture
----- % of fine fraction -----													
Ap	0-10	1	79	8	13	4	5	9	27	26	12	6	sandy loam
C1	10-40	0	75	13	12	7	5	14	26	23	10	2	sandy loam
C2	40-90	0	55	14	32	9	5	14	21	14	5	0	sandy clay loam
C3	90-125	16	72	5	23	3	2	4	9	29	20	9	sandy clay loam

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
----- cmol(+) / kg soil -----											cmol+/kg clay			
Ap	0-10	5.2	1.0	0.6	0.2	0.10	0.3	0.0	7.4	9.1	71	77	7.0	6.4
C1	10-40	2.9	0.7	0.2	0.3	0.07	0.3	0.0	4.5	6.3	51	65	6.8	6.1
C2	40-90	4.0	0.7	0.1	0.3	0.04	0.7	0.0	5.8	8.1	25	63	6.8	5.8
C3	90-125	3.1	1.0	0.1	0.5	0.03	0.7	0.0	5.4	5.3	23	88	7.5	6.4

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wcs	alpha	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	we_0.1bar	we_0.2bar	we_15bar
						__m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> __		l/cm		-		__m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> __		
Ap	0-10	33.80	0.081	1.01	12.5	0.07	0.39	0.0414	1.80	0.44	1.35	0.16	0.14	0.06
C1	10-40	2.50	0.038	0.32	8.5	0.05	0.38	0.0546	1.53	0.35	1.44	0.17	0.15	0.06
C2	40-90	0.90	0.032	0.32	10.1	0.09	0.34	0.1376	1.34	0.25	1.54	0.19	0.17	0.11
C3	90-125	3.60	0.024	0.23	9.6	0.09	0.31	0.0313	1.47	0.32	1.68	0.20	0.18	0.10

### EGLI 1

#### Soil Classification:

WRB: Endoskeleti-Endoleptic Cambisol (Eutric) ?  
 Soil Taxonomy (1998): Loamy-skeletal Isohyperthermic Typic Ustropept

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (21/4/98)

#### Location:

Eglimé village (toposequence 1). Département du Mono. Benin .  
 7° 4.078' N. 1° 39.512' E; Elevation: 200 m

#### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: undulating plateau (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in land system: the site is located on the interfluvial crest on a 150 m long linear slope (4 percent).  
 Vegetation: maize. cassava. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

#### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist  
 Depth of groundwater level: >2 m  
 Drainage: moderately well drained

Internal drainage: rapid  
Runoff: slow

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: between 2 and 10 percent of area covered with rock outcrops (between 35 and 100 m apart); between 0.1 and 3 percent of area covered with surface stones (between 0.75 and 1.6 m apart)  
Water erosion: sheet erosion. class 2

**Other features:**

Root distribution: up to 75 cm  
Effective soil depth: 90 cm  
Human influence: cultivation  
Soil fauna: insect nests  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief soil description:**

30 cm thick humus-rich sandy loam to sandy clay loam horizon on very gravelly sandy loam to loamy sand over continuous rock at 90 cm.

**Detailed soil description**

- A<sub>p</sub>** 0-18 cm Black (10 YR 2/1) moist. slightly gravelly sandy loam to sandy clay loam; very friable; moderate medium subangular blocky; many fine vesicular and tubular pores; 5 percent 5-10 mm angular red/black hard Fe/Mn nodules; many very fine. fine and medium roots; clear wavy boundary.
- AB** 18-27 cm Brownish black (10 YR 3/2) moist. gravelly sandy loam to sandy clay loam; very friable; moderate medium subangular blocky; many fine and medium vesicular and interstitial pores; 15 percent 5-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 15 percent 10-60 mm angular white-yellow hard quartz gravels; many very fine. fine and medium roots; clear wavy boundary.
- Bw** 27-46 cm Dull yellowish brown (10 YR 4/3) moist. very gravelly sandy loam; soft; weak fine to medium subangular blocky structure; many fine. medium and coarse vesicular and interstitial pores; 60 percent 10-60 mm angular white-yellow hard quartz gravels; few very fine and fine roots; gradual wavy boundary.
- C** 46-93 cm Brown (10 YR 4/6) moist; very gravelly loamy sand; soft when dry; no structure; many medium and coarse vesicular. interstitial and tubular pores; 80 percent 10-60 mm angular white-yellow hard quartz gravels; few very fine and fine roots.
- R** >93 cm Rock.

## Soil analysis of profile 4

Egli 1

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20µ	% 20 - 53µ	% 53-125µ	% 125-250µ	% 250 - 500µ	% 500 - 1000µ	% > 1000µ	USDA texture
Ap	0-18	9	70	17	13	11	6	13	14	18	19	6	sandy loam
AB	18-27	56	71	17	12	11	5	9	10	20	19	14	sandy loam
Bw	27-46	71	74	15	10	10	5	8	9	22	23	11	sandy loam
C	46-93	63	71	18	11	13	5	6	4	12	25	24	sandy loam

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
Ap	0-18	10.0	1.5	0.5	0.4	0.11	0.3	0.0	12.8	12.6	96	98	6.8	6.3
AB	18-27	4.9	0.7	0.2	0.3	0.08	0.3	0.0	6.5	12.5	104	49	7.2	6.4
Bw	27-46	3.9	0.7	0.1	0.3	0.03	0.3	0.0	5.3	8.7	84	57	7.1	6.2
C	46-93	2.7	0.7	0.1	0.3	0.02	0.3	0.0	4.1	7.3	65	52	7.1	5.8

hor	depth (cm)	BrayI-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	wcs	alpha l/cm	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	wc_0.1bar [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	wc_0.2bar	wc_15bar
Ap	0-18	29.00	0.091	1.26	13.9	0.03	0.44	0.1138	1.36	0.26	1.21	0.19	0.17	0.06
AB	18-27	4.40	0.061	0.77	12.5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Bw	27-46	2.90	0.041	0.48	11.8	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
C	46-93	1.50	0.023	0.27	11.8	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

## EGLI 2

### Soil Classification:

WRB: Episkeleti-Endoleptic Luvisol  
 Soil Taxonomy (1998): Clayey-skeletal Isohyperthermic Oxyaquic Paleustalf

**Authors:** E. Mathé and A.M. Igué (21/4/98)

### Location:

Eglimé village (toposequence 1). Département du Mono. Benin  
 7° 4.0455' N. 1° 39.6264' E; Elevation: 190 m

### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in land system: the site is located on the upper valley side on a 300 m long linear slope (5 percent).  
 Vegetation: maize. cowpea. cassava. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist  
 Depth of groundwater level: >2 m

Drainage:	moderately well drained
Internal drainage:	medium
Runoff:	medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: less than 2 percent of area covered with rock outcrops (> 100 m apart); less than 0.1 percent of area covered with surface stones  
 Water erosion: sheet erosion. class 2

**Other features:**

Root distribution:	up to 80 cm
Effective soil depth:	100 cm
Human influence:	cultivation
Soil fauna:	termite burrows
Surface sealing and crusting:	none
Surface cracking:	none

**Brief soil description:**

Reddish brown gravelly loamy sand to sandy clay with weak structure and medium drainage

**Detailed soil description**

<b>Ap</b> 0-15 cm	Brownish black (10 YR 3/2) moist; slightly gravelly loamy sand; very friable; moderate fine to medium subangular blocky; many fine and medium vesicular. interstitial and tubular pores; 2 percent 2-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 3 percent 5-10 mm angular white-yellow hard quartz gravels; many fine and coarse roots; abrupt smooth boundary.
<b>Es</b> 15-25 cm	Greyish yellow brown (10 YR 4/3) moist; gravelly loamy sand; very friable; weak fine subangular blocky; many fine and medium interstitial and tubular pores; 40 percent 2-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 10 percent 5-20 mm angular yellow hard quartz gravels; common fine and coarse roots; clear smooth boundary.
<b>EBs</b> 25-46 cm	Brown (10 YR 4/4) moist; very gravelly sandy loam; friable; no structure; common fine and medium vesicular and interstitial pores; 50 percent 2-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 20 percent 5-20 mm angular yellow hard quartz gravels; common fine and coarse roots; gradual smooth boundary.
<b>Bts</b> 46-83 cm	Reddish brown (2.5 YR 4/6) moist; very gravelly sandy clay; soft; no structure; weak cementation; common fine and medium vesicular and tubular pores; 50 percent 5-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 30 percent 10-50 mm angular yellow hard quartz gravels; few very fine and fine roots.

## Soil analysis of profile 5

Egli 2

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20µ	% 20 - 53µ	% 53-125µ	% 125-250µ	% 250 - 500µ	% 500 - 1000µ	% > 1000µ	USDA texture
Ap	0-15	21	77	14	9	8	6	12	15	23	20	6	sandy loam
Es	15-25	56	83	10	7	6	4	8	12	22	23	17	loamy sand
Ebs	25-46	75	79	12	10	6	5	9	11	22	26	12	sandy loam
Bts	46-83	88	43	16	41	9	7	4	3	9	13	13	clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
Ap	0-15	9.9	1.3	0.5	0.4	0.09	0.3	0.0	12.5	12.3	138	99	7.2	6.9
Es	15-25	5.4	0.7	0.1	0.3	0.06	0.7	0.0	7.3	8.2	110	80	7.2	6.6
Ebs	25-46	4.5	0.6	0.1	0.3	0.05	0.3	0.0	5.8	7.7	80	71	7.3	6.6
Bts	46-83	9.7	1.9	0.3	0.4	0.02	0.3	0.0	12.6	20.6	50	60	7.2	6.3

hor	depth (cm)	BrayI-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wcs	alpha	n	m	bulk	we_0.1bar	we_0.2bar	we_15bar
Ap	0-15	19.10	0.120	1.42	11.8	0.03	0.37	0.0924	1.38	0.27	1.33	0.17	0.15	0.05
Es	15-25	2.10	0.046	0.52	11.4	0.02	0.28	0.7498	1.21	0.18	1.62	0.12	0.11	0.06
Ebs	25-46	1.80	0.038	0.43	11.4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Bts	46-83	0.40	0.064	0.58	9.1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

## EGLI 3

### Soil Classification:

WRB: Stagni-Endogleyic Luvisol (Ferric. Endoleptic)  
 Soil Taxonomy (1998): Loamy Isohyperthermic Oxyaquic Haplustalf

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (23/4/98)

### Location:

Eglimé village (toposequence 1). Département du Mono. Benin  
 7° 4.0570' N. 1° 39.7680' E; Elevation: 185 m

### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in landscape: the site is located on the upper valley side on a 300 m long linear slope (4 percent)  
 Vegetation: cowpea. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist  
 Depth of groundwater level: >2 m  
 Drainage: moderately well drained

Internal drainage: medium  
Runoff: slow

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 57 cm  
Effective soil depth: 70 cm  
Human influence: cultivation (ridges)  
Soil fauna: termite burrows  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Yellowish brown loamy sand over sandy clay. hydromorphic below. having a crumby to massive structure and a well developed rooting system. A petroferic layer is present at 50 cm in part of the profile.

**Detailed soil description**

- Ap1** 0-16 cm Brownish black (10 YR 2/2) moist; loamy sand; friable; moderate fine granular structure; many fine and medium vesicular; interstitial and tubular pores; many fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- Ap2** 16-28 cm Greyish yellow brown (10 YR 4/2) moist; slightly gravelly loamy sand; friable; weak fine granular structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; 3 percent 5-15 cm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; 2 percent 10 mm angular white hard quartz gravels; many medium and coarse roots; clear smooth boundary.
- Bt** 28-44 cm Brown (10 YR 4/4) moist; sandy clay loam; slightly hard; structureless; common fine vesicular and tubular pores; common fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- Btgs1** 44-67 cm Brown (10 YR 4/4) moist; slightly gravelly sandy clay; common fine distinct clear bright reddish brown (5 YR 5/6) and bright brown (7.5 YR 5/8) mottles; very firm; structureless; common fine vesicular and interstitial pores; 5 percent 2-5 mm nodules; 2 percent 5-10 mm quartz gravels; common medium roots; gradual wavy boundary.
- Btgs2** >67 cm Brownish grey (10 YR 5/1) moist; very gravelly sandy clay; many medium distinct clear bright brown (7.5 YR 5/8) mottles; sticky. plastic; structureless; common fine vesicular and interstitial pores; 50 percent 2-15 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; few fine roots.

## Soil analysis of profile 6

Egli 3

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20μ	% 20 - 53μ	% 53-125μ	% 125-250μ	% 250 - 500μ	% 500 - 1000μ	% > 1000μ	USDA
%													
of fine fraction													
texture													
A1	0-16	1	80	11	9	4	7	15	18	25	19	3	loamy sand
A2	16-28	5	79	14	7	7	6	13	15	22	20	9	loamy sand
Bt	28-44	7	75	13	12	9	5	11	12	20	18	14	sandy loam
Btgs1	44-67	17	68	9	23	6	3	6	7	17	19	19	sandy clay loam
Btgs2	>67	83	54	7	39	4	3	4	5	12	14	19	sandy clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
cmol(+)/kg soil														
cmol+/kg clay														
A1	0-16	5.0	1.5	0.1	0.3	0.17	0.3	0.0	7.4	8.3	93	83	6.8	6.1
A2	16-28	3.7	0.9	0.1	0.3	0.13	0.3	0.0	5.4	6.8	92	73	6.5	5.9
Bt	28-44	3.5	1.1	0.2	0.4	0.06	0.7	0.0	6.0	7.5	64	69	6.6	5.2
Btgs1	44-67	6.3	3.2	0.2	0.4	0.02	0.3	0.0	10.4	14.6	62	69	6.5	4.9
Btgs2	>67	9.2	4.8	0.2	0.6	0.02	0.3	0.0	15.1	26.1	67	57	6.4	4.8

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wcs	alpha	n	m	bulk	we_0.1bar	we_0.2bar	we_15bar
m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>														
l/cm														
g/cm <sup>3</sup>														
m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>														
A1	0-16	1.40	0.070	1.04	14.8	0.05	0.42	0.0580	1.67	0.40	1.26	0.15	0.13	0.04
A2	16-28	0.70	0.045	0.63	14.0	0.05	0.36	0.0550	1.60	0.37	1.50	0.15	0.13	0.05
Bt	28-44	0.20	0.037	0.48	13.0	0.08	0.34	0.0552	1.59	0.37	1.54	0.17	0.15	0.08
Btgs1	44-67	0.30	0.039	0.36	9.4	0.07	0.37	0.1197	1.22	0.18	1.53	0.23	0.22	0.13
Btgs2	>67	0.10	0.041	0.47	11.4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

## EGLI 4

### Soil Classification:

WRB: Luvi-gleyic Phaeozem (Endoskeletal. Endostagnic)

Soil Taxonomy (1998): Clayey-skeletal Isohyperthermic Aquic Argiustoll

**Authors:** E. Mathé and A.M. Igué (23/4/98)

### Location:

Eglimé village (toposequence 1). Département du Mono. Benin

7° 4.0145' N. 1° 39.9817' E; Elevation: 175 m

### Land system:

Parent material: Migmatite (Basement Complex)

Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)

Position in landscape: the site is located on the lower valley side on a 300 m long linear slope (1 percent).

Vegetation: maize. cowpea. oil palm. mango trees

Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist

Depth of groundwater level: >2 m

Drainage: imperfectly drained

Internal drainage: medium  
Runoff: medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
Water erosion: sheet erosion. class 1

## Other features:

Root distribution: up to 35 cm  
Effective soil depth: 50 cm  
Human influence: cultivation  
Soil fauna: termite burrows. insect nests  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief soil description:**

50 cm of black to dark brown sandy loam over dark greyish yellow clay. gravelly below 18 cm. moderately developed granular structure near the surface and well developed subangular blocky below; well developed rooting system in the upper 50 cm.

**Detailed soil description**

- Ap1** 0-18 cm Black (10 YR 2/1) moist; sandy loam to sandy clay loam; friable; moderate fine to medium granular structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; common fine. medium and coarse roots; gradual smooth boundary.
- Ap2** 18-33 cm Brownish black (10 YR 3/2) moist; slightly gravelly sandy clay loam; friable; moderate fine to medium granular structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; 5 percent 2-5 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; common fine. medium and coarse roots; clear smooth boundary.
- AB** 33-50 cm Dark brown (10 YR 3/3) moist; very gravelly sandy clay; friable; weak medium subangular blocky; common vesicular and interstitial pores; 50 percent 2-5 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; 20 percent 10-50 mm angular yellow hard quartz gravels; few fine roots; clear wavy boundary.
- Btg** 50-75 cm Dark greyish yellow (2.5 Y 4/2) moist; gravelly clay; firm when dry; structureless; few very fine and fine interstitial and tubular pores; 15 percent 10-50 mm angular white-yellow hard quartz gravels; few very fine roots.
- C** >75 cm Olive black (5 Y 3/2) moist; very gravelly clay; very firm; structureless; 50 percent 1-50 mm angular white-yellow hard quartz gravels.

## Soil analysis of profile 7

Egli 4

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20 $\mu$	% 20 - 53 $\mu$	% 53-125 $\mu$	% 125-250 $\mu$	% 250 - 500 $\mu$	% 500 - 1000 $\mu$	% > 1000 $\mu$	USDA texture
A1	0-18	3	77	9	14	6	3	16	16	17	17	11	sandy loam
A2	18-33	7	79	8	13	5	3	10	13	16	19	21	sandy loam
ABc	33-50	78	66	9	25	6	4	4	4	10	13	36	sandy clay loam
Btg	50-75	71	37	17	47	10	7	7	6	6	8	10	clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
											cmol(+)/kg soil		cmol+/kg clay	
A1	0-18	6.3	2.0	0.3	0.2	0.10	0.3	0.0	9.2	11.2	81	78	6.4	5.2
A2	18-33	4.8	2.0	0.1	0.4	0.04	0.7	0.0	8.0	10.6	80	69	6.1	4.8
ABc	33-50	7.8	4.0	0.2	0.7	0.02	0.3	0.0	13.0	18.1	73	70	6.8	4.9
Btg	50-75	16.1	8.3	0.3	1.9	0.00	0.3	0.0	26.9	29.9	64	89	7.4	5.7

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wcs	alpha	n	m	bulk	we_0.1bar	we_0.2bar	we_15bar	
						m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		1/cm		-		g/cm <sup>3</sup>		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
A1	0-18	13.40	0.072	0.97	13.5	0.06	0.36	0.0445	1.44	0.31	1.48	0.20	0.17	0.07	
A2	18-33	1.30	0.047	0.37	7.7	0.04	0.38	0.0650	1.34	0.26	1.45	0.21	0.18	0.07	
ABc	33-50	1.10	0.070	0.81	11.6	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
Btg	50-75	0.10	0.043	0.44	10.4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	

## EGLI 5

### Soil Classification:

WRB: Eutri-Endocalcari Gleysol ? (Epicalcaric-Mollic Cambisol)  
 Soil Taxonomy (1998): Clayey-skeletal Isohythermic Fluvaquentic Endoaquoll

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (22/4/98)

### Location:

Eglimé village (1 km north of Lagbave. toposequence 2). Département du Mono. Benin  
 7° 4.0632' N. 1° 40.2030' E; Elevation: 170 m

### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in landscape: the site is located on the lower valley side on a 200 m long linear slope (3 percent).  
 Vegetation: maize. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: entire profile moist  
 Depth of groundwater level: >2 m  
 Drainage: imperfectly drained  
 Internal drainage: medium  
 Runoff: slow to medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none

Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 60 cm

Effective soil depth: 85 cm

Human influence: cultivation

Soil fauna: termite burrows. insect nests

Surface sealing and crusting: none

Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Brown clay with calcareous nodules from a depth of 30 cm onwards. with moderately developed polyedric subangular structure. overlaying weathering rock at 80 cm depth. Presence of slickensides and cracks.

**Detailed soil description**

- Ap1** 0-8 cm Brownish black (10 YR 3/1) moist; clay loam. friable when moist; moderate fine to medium granular; many fine vesicular and tubular pores; common fine. medium and coarse roots; clear smooth boundary.
- Ap2** 8-17 cm Brownish black (10 YR 3/1) moist; loamy clay. fine; strong medium to coarse subangular blocky; common fine and medium vesicular. interstitial and tubular pores; common fine. medium and coarse roots; gradual smooth boundary.
- Bwg1** 17-32 cm Brownish grey (10 YR 4/1) moist; slightly gravelly clay; very fine; strong medium to coarse subangular blocky ; common fine and medium vesicular. interstitial and tubular pores; 10 percent 2-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 5 percent 2-10 mm angular yellow hard quartz gravels ; common medium and coarse roots; clear smooth boundary.
- Bwg2** 32-48 cm Grey (5 Y 4/1) moist; slightly gravelly clay; extremely firm; strong coarse subangular blocky; few fine vesicular pores; 5 percent 2-10 mm irregular white hard CaCO<sub>3</sub> nodules; few fine and medium roots; clear smooth boundary.
- Bwg3** 48-83 cm Grey (5 Y 5/1) moist; slightly gravelly clay; extremely firm; strongly developed coarse subangular blocky; few fine vesicular pores; 10 percent 5-10 mm irregular white hard CaCO<sub>3</sub> nodules; few fine and medium roots; clear smooth boundary.
- Cg** > 83 cm Light grey (10 Y 7/2) moist; yellowish brown (2.5 Y 6/8) mottles; gravelly clay; 40 percent 2-5 mm red round quartz gravels; 1 percent 2-5 mm red Fe/Mn nodules.

## Soil analysis of profile 8

Egli 5

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20 $\mu$	% 20 - 53 $\mu$	% 53-125 $\mu$	% 125-250 $\mu$	% 250 - 500 $\mu$	% 500 - 1000 $\mu$	% > 1000 $\mu$	USDA
													texture
Ap1	0-8	0	60	15	25	9	6	10	14	11	12	12	sandy clay loam
Ap2	8-17	0	58	19	23	11	7	11	17	13	13	5	sandy clay loam
Bwg1	17-32	25	60	13	27	8	6	9	12	10	11	18	sandy clay loam
Bwg2	32-48	32	45	18	37	11	7	7	10	9	9	9	clay loam
Bwg3	48-83	40	46	14	40	6	7	8	10	9	9	10	sandy clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
											cmol(+)/kg soil		cmol+/kg clay	
Ap1	0-8	15.6	4.6	0.5	0.4	0.15	0.3	0.0	21.5	33.4	132	63	7.1	6.4
Ap2	8-17	13.7	4.2	0.3	0.4	0.07	0.7	0.0	19.4	23.5	102	79	6.6	5.6
Bwg1	17-32	13.4	4.5	0.2	0.4	0.02	0.7	0.0	19.2	27.0	100	69	6.9	5.6
Bwg2	32-48	22.1	6.5	0.3	0.4	0.01	0.7	0.0	30.0	30.8	83	95	8.0	7.6
Bwg3	48-83	25.4	8.3	0.3	0.5	0.00	0.7	0.0	35.2	29.6	74	116	8.0	7.7

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wes	alpha	n	m	bulk	we_0.1bar	we_0.2bar	we_15bar
						m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		1/cm		g/cm <sup>3</sup>		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Ap1	0-8	10.60	0.128	1.88	14.8	0.00	0.43	0.0485	1.19	0.16	1.29	0.30	0.28	0.09
Ap2	8-17	1.50	0.079	1.26	15.8	0.00	0.40	0.0142	1.20	0.17	1.44	0.33	0.31	0.14
Bwg1	17-32	0.70	0.048	0.56	11.7	0.00	0.34	0.0143	1.20	0.16	1.58	0.29	0.27	0.10
Bwg2	32-48	1.50	0.032	0.30	9.4	0.00	0.37	0.0017	1.41	0.29	1.58	0.35	0.34	0.11
Bwg3	48-83	1.10	0.023	0.41	17.6	0.16	0.40	0.0009	2.08	0.52	1.57	0.40	0.39	0.17

### EGLI 7

#### Soil Classification:

WRB: Endoskeleti-Arenic Regosol (Eutric)  
 Soil Taxonomy (1998): Sandy Isoperthermic Typic Ustorthent

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (24/4/98)

#### Location:

Eglimé main village (toposequence 3). Département du Mono. Benin  
 7°5.1236' N. 1°40.7640E ; Elevation: 160m

#### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in land system: the site is located on the upper valley side on a 300m long linear slope (5 percent)  
 Vegetation: maize. cassava. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3°C

#### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: entire profile moist  
 Depth of groundwater level: > 2m  
 Drainage: somewhat excessively drained

Internal drainage: rapid  
Runoff: slow to medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: less than 2 percent of area covered with rock outcrops (35-100 m apart)

Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 50cm  
Effective soil depth: 90cm  
Human influence: cultivation  
Soil fauna: krotovines. insect nests  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief description:**

yellowish brown sand over sandy clay loam. gravelly. very porous and weakly structure. overlaying weathering rock (saprolite) at 90cm.

**Detailed soil description**

- Ap1** 0–15 cm Brownish black (10 YR 2/2) moist; loamy sand ; friable; weak fine granular; many fine interstitial and tubular pores; common fine and medium roots ; gradual smooth boundary.
- Ap2** 15–28 cm Dull yellowish brown (10 YR 4/3) moist; slightly gravelly sand ; friable ; weak fine granular; many fine interstitial and tubular pores ; 2 percent 2–10 mm angular hard quartz gravel; common fine roots ; clear smooth boundary.
- BE** 28–57 cm Brown (7.5 YR 4/4) moist; slightly gravelly sand; friable; structureless; many fine vesicular ; interstitial and tubular pores ; 10 percent 2-10 mm angular yellow white hard stones ; medium and clear boundary.
- Bcs** 57–80 cm Bright reddish brown (5 YR 5/6) moist; very gravelly loamy sand ; friable; weak medium subangular blocky; many fine interstitial and tubular pores ; 50 percent 5-15 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules ; 10 percent 5-10 mm angular yellow hard quartz gravels; few very fine and coarse roots; clear and wavy boundary.
- Btcs** 80–90 cm Reddish brown (2.5 YR 4/6) moist; gravelly sandy clay loam ; friable ; moderate medium subangular blocky; many fine. medium and coarse vesicular. interstitial and tubular pores ; few very fine roots ; patchy thin clay/Fe/Al cutans on pores and root channels ; 50 percent 5–15 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules ; 10 percent 5-10 mm angular yellow hard quartz gravels; clear and wavy boundary.
- C** > 90 cm Saprolite.

### Soil analysis of profile 9 (Egli 7)

Horizon	Lower Depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>tot</sub> (%)	PH (H <sub>2</sub> O)	Ca cmol/Kg soil	Mg cmol/Kg clay	Na cmol/Kg clay	K (%)	CEC	CEC/clay	BS
A1	15	7	84	12	4	ls	0.58	6.5	2.5	1.2	0.0	0.2	3.3	78	122
A2	28	15	85	9	5	ls	0.36	6.5	1.8	0.4	0.0	0.1	2.4	46	97
B	57	20	82	12	6	ls	0.21	6.7	1.4	0.4	0.0	0.1	2.4	40	83
Bc1	80	41	86	9	5	ls	0.18	6.8	1.2	0.5	0.0	0.1	2.4	46	77
Bc2	90	58	77	8	15	sl	0.18	6.2	1.6	0.9	0.0	0.1	4.8	31	56

### EGLI 8

#### Soil Classification:

WRB: Eutri-Endogleyic Fluvisol  
 Soil Taxonomy (1998): Coarse-loamy Isohyperthermic Aquic Ustifluent

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (24/4/98)

#### Location:

Eglimé main village (toposequence 3). Département du Mono. Benin  
 7°4.9216' N. 1°40.9898E ; Elevation: 140m

#### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain with steepest slopes between 2 and 8 percent  
 Position in landscape: the site is located on the valley bottom on a 150m long linear slope (2 percent)  
 Vegetation: maize. cowpea. cassava and oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3°C.

#### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: entire profile moist  
 Depth of groundwater level: > 2m  
 Drainage: poorly drained  
 Internal drainage: very slow  
 Runoff: slow

#### Surface features:

Presence of surface stones or rock outcrops: no outcrops (35-100m apart)  
 Water erosion: sheet erosion. class 1

#### Other features:

Root distribution: up to 35cm  
 Effective soil depth: 100cm  
 Human influence: cultivation  
 Soil fauna: insect nests  
 Surface sealing and crusting: none  
 Surface cracking: none

**Brief description:**

Deep brownish grey loamy sand over greyish yellow brown sandy clay loam. showing clear bright brown mottles below 50m. Granular structure near the surface. angular blocky below. Roots present up to 35cm.

**Detailed soil description:**

- Ap1** 0–17 cm Brownish black (10 YR 3/1) moist; few small faint sharp bright brown (7.5 YR 5/8) mottles. loamy sand. friable; weak fine granular; many fine vesicular and interstitial pores; many fine and medium roots ; gradual smooth boundary.
- Ap2** 17–29 cm Brownish grey (10 YR 4/1) moist; common small distinct clear bright brown (7.5 YR 5/8) mottles; loamy sand; friable; moderate medium granular; many fine and medium vesicular and tubular pores ; many fine and medium roots ; gradual and wavy boundary.
- Cgt** 29–52 cm Dull yellowish brown (10 YR 4/3) when moist. sandy loam ; many medium distinct clear greyish brown (7.5 YR 4/2) mottles. friable when moist ; moderately developed; medium subangular blocky structure ; many fine medium and coarse vesicular and tubular pores ; common fine and medium roots; clear wavy boundary.
- Cg2** 52–68 cm Greyish yellow brown (5 YR 5/6) moist; many medium distinct clear greyish brown (7.5 YR 4/2) and bright brown (7.5 YR 5/2) mottles; sandy clay loam ; firm; moderate coarse subangular blocky; common fine and medium vesicular and tubular pores ; few fine roots ; clear smooth boundary.
- Cg3** 68– 83 cm Greyish yellow brown (10 YR 4/2) moist; distinct clear brown (7.5 YR 4/4) mottles; gravelly sandy clay loam; firm; structureless ; common fine and medium vesicular and interstitial pores; 10 percent 2–10 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules ; 5 percent 5-10 mm angular yellow hard quartz gravels ; clear and smooth boundary.
- Cg4** 83–100 cm Greyish yellow brown (10 YR 5/2) moist; abundant coarse distinct clear bright brown (7.5 YR 5/6); mottles; sandy clay; firm; structureless. massive; common fine and medium vesicular and tubular pores.

**Soil analysis of profile 10 (Egli 8)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ap1	17	2	80	9	11	sl	0.69	6.5	3.1	1.3	0.0	0.2	5.1	46	92
Ap2	29	4	86	8	7	ls	0.27	6.1	1.4	0.6	0.0	0.1	0.2	3	178?
Cg1	52	7	81	13	6	ls	0.24	6.3	1.6	0.6	0.0	0.1	2.8	45	83
Cg2	68	10	71	15	14	sl	0.23	6.3	2.6	1.3	0.0	0.1	5.6	40	72
Cg3	83	27	76	7	17	sl	0.21	6.5	3.1	2.7	0.0	0.2	7.1	43	84
Cg4	100	21	74	7	19	sl	0.17	6.6	3.9	2.1	0.0	0.2	9.6	51	66

**EGLI 9****Soil Classification:**

WRB: Epigleyi-bathipetrolithic Arenosol (Eutric)  
 Soil Taxonomy (1998): Isohyperthermic Aquic Ustipsamment

Authors: A.M. Igué and E. Mathé (6/5/98)

**Location:**

500m south of Kocouhoué. Eglimé area (toposequence 3). Département du Mono. Benin  
 7°3.571' N. 1°41.124E ; Elevation: 170m

**Land system:**

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in land system: the site is located on the upper valley side on a 500 m long linear slope (2 percent).  
 Vegetation: maize and oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3°C.

**Moisture regime:**

Moisture condition at the time of examination: entire profile moist  
 Depth of groundwater level: 100 cm  
 Drainage: excessively drained  
 Internal drainage: rapid  
 Runoff: very slow

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
 Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 100 cm  
 Effective soil depth: 100 cm  
 Human influence: cultivation  
 Surface sealing and crusting: none  
 Surface cracking: none

**Brief description:**

Greivish brown loamy sand with hydromorphic mottles. moderately well structured. very porous and well developed rooting system on petroferic layer at 100 m.

**Detailed soil description:**

**Ah** 0– 6cm Black (10YR2/1) when moist, loamy sand; friable when moist; weakly developed fine granular structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; many very fine and medium roots; clear smooth boundary.

- ABg** 16–32cm Brownish black (10 YR 3/2) when moist, loamy sand; few medium faint clear brown (7.5 YR 4/6) mottles; friable when moist; moderately developed medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and interstitial pores; many fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- ABg1** 32–58cm Dull yellowish brown black (10 YR 5/2) when moist, slightly gravelly. loamy sand; many medium distinct clear bright brown (7.5 YR 5/6) mottles; friable when moist; weakly developed to medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and interstitial pores; many fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- ABg2** 58–80cm Greyish yellow brown (10 YR 5/2) when moist, slightly gravelly loamy sand; many medium distinct clear bright brown (7.5 YR 5/6) mottles; friable when moist; weakly developed fine to medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and interstitial pores; 5% 5-15 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; many fine and medium roots; gradual wavy boundary.
- Bg2** 80–100cm Greyish yellow brown (10 YR 6/2) when moist, gravelly sandy loam; many medium distinct clear bright brown (7.5 YR 5/6) mottles; friable when moist; weakly developed. fine to medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and interstitial and tubular pores; 20% 5-15 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; few fine and medium roots; gradual wavy boundary.
- Bsm** > 100cm Petroferric layer.

### Soil analysis of profile 11 (Egli 9)

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na cmol/Kg soil	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ah	16	1	86	7	7	ls	0.87	6.9	3.7	1.1	0.0	0.3	4.6	66	114
ABg	32	2	88	6	7	ls	0.41	6.7	2.2	0.6	0.0	0.1	2.8	42	104
ABg1	58	4	88	8	4	s	0.19	6.7	1.3	0.2	0.0	0.1	1.7	39	93
ABg2	90	5	88	7	5	s	0.1	6.8	0.9	0.2	0.0	0.1	1.8	37	63
ABg3	100	8	89	7	4	s	0.1	6.7	0.7	0.2	0.0	0.1	1.9	54	51

### DAIG M 1

#### Classification:

FAO: Arénosol gleyique

CPCS: Sol sableux hydromorphe

Prospection: BENSOTER  
 Date de la description: 12/05/97  
 Auteur: A.M. Igué  
 Localisation: Tagui à 100 m de la colline  
 Altitude: 180 m  
 Géomorphologie: Vallée entre collines  
 Pente: quasi nulle (1 %)  
 Végétation: Savane arbustive  
 Utilisation du sol : Culture maïs. manioc. manguier.

**Informations générales:**

Roche-mère: Colluvions  
 Drainage: légèrement excessif  
 Erosion: en nappe  
 Influence humaine: labour

**Description des horizons:**

- Ap** 0-20 cm Brun foncé (7.5 YR 3/2); sable fin limoneux; structure faiblement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; assez nombreuses racines; transition distincte et régulière.
- Bg1** 20-38 cm Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) ; taches 20 percent brun foncé (7.5 YR 3/2). sable fin limoneux; structure faiblement développée polyédrique subangulaire; friable très poreux; assez nombreuses racines; transition distincte et régulière
- Bg2** 38-86 cm Brun foncé à frais (10 YR 5/2); taches 40 percent brun foncé (7.5 YR 4/4); sable fin; structure moyennement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; peu nombreuses racines ; transition graduelle et régulière.
- Bg3** 86-120 cm Brun foncé (10 YR 5/2) taches brun foncé (10 YR 3/3) sable fin; structure massive; peu ferme; très poreux; rares racines

**Résultats analytiques: profil 12 (Daig M1)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na cmol/Kg soil	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ap1	20		75,58	15,18	7,40	SI/LS	0,99	6,2	3,42	0,77	0,09	0,33	5,05	22	92
Ap2	38		77,88	15,92	4,79	SI	0,28	5,9	0,99	0,31	0,06	0,15	2,80	48	54
Bw1	86		82,92	13,16	2,76	SI		6,4	0,55	0,19	0,16	0,21	2,00	72	56
Bw2	120		73,96	13,18	5,03	SI		6,0	0,82	0,20	0,20	0,29	2,15	43	70

**DAIG M 2**

**Classification:**

FAO: Solonetz verti-stagnique  
 CPCS: Sol gris argileux alcalin

Prospection: BENSOTER  
 Date de la description: 12/05/97  
 Auteurs: A.M. Igue & Offi  
 Localisation: entre Tagui et Volontaire.  
 Altitude: 160 m position  
 Géomorphologie: pénéplaine  
 Pente: 1 pour cent  
 Végétation: Savane  
 Utilisation du sol: anacardiens, niébé, piment, arachide, manioc;

**Informations générales:**

Roche-mère: gneiss à amphibolite  
 Drainage: pauvre / imparfait  
 Etat hydrique du sol: frais  
 Profondeur de la nappe phréatique: non visible  
 Traces d'érosion: en nappe  
 Influence humaine: plantation

**Description des horizons:**

**Ap1** 0 - 15 cm Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2); sable limoneux. grumeleux; friable; très poreux; nombreuses racines; transition ondulée.

**AE15–20 /36 cm** Brun foncé (10 YR 3/3); sable limoneux; structure moyennement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; nombreux nodules et concrétions Fe-Mn; assez nombreuses racines; transition ondulée et discontinue.

**Bgn1** 20/36–40/50 cm Brun grisâtre (2.5 YR 5/2) ; taches (10 YR 5/2) ; argile ; structure en colonnette et prismatique; peu nombreuses concrétions Fe-Mn ; transition distincte et irrégulière

**Bgn2** 40/50-75 cm Brun olive (2.5 Y 5/4) argile; structure massive; transition graduelle

**BCn** 75 - 110 cm Brun olive clair (2.5 YR 5/4); argile; structure massive; débris de roche.

**Résultats analytiques: profil 13 (Daig M2)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ap1	15	7	59	27	11	LS	0.98	6.5	1.9	1.3	0.4	0.2	6.1	3	61
AE	20	9	67	18	12	LS	0.61	6.6	1.2	1.1	0.6	0.1	6.8	7	43
Bgn1	40	30	45	26	28	LAS	0.67	7.3	1.6	4.6	3.9	0.2	12.7	28	80
Bgn2	75	45	25	30	45	A		8.7	3.9	13.1	9.5	0.4	21.2	59	100
BCn	120	44	26	25	50	A		8.7	2.8	14.1	10.7	0.4	24.0	56	100

**DAIG M 3****Classification:**

FAO: Lixisol ferrique (Lixisol plinthique)

CPCS : Sol rouge gravillonnaire

Prospection: BENSOTER  
 Date de la description: 12/05/97  
 Auteur: A.M. Igué  
 Localisation: 1.8 km de Erokoari vers Itagui  
 Altitude: 170 m  
 Géomorphologie: interfluve – versant (High peneplain)  
 Pente: 2-3 pour cent

Végétation: savane  
Utilisation du sol: maïs. anacardiens. manguiers.

**Informations générales:**

Roche-mère: migmatite.  
Drainage: modéré à normal  
Etat hydrique du sol: frais  
Profondeur de la nappe phréatique: non visible  
Traces d'érosion: en nappe

**Description des horizons :**

**Ap** 0–12/30 cm Brun foncé (7,5 YR 3/4). sable fin-limoneux; structure faiblement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; sans gravillons; transition distincte et irrégulière.

**BEc** 12/30–32/40 cm Rouge jaunâtre (5 YR 4/6). sable fin limoneux; structure autour des gravillons; friable; très poreux; 60 pour cent de concrétions Fe -Mn et quartz; transition distincte et régulière.

**Btcs1** 32/40-60 cm Rouge (2,5 YR 4/6). limon-argilo-sableux à argile sableuse; structure massive; 60 à 80 pour cent de concrétions Fe-Mn et quartz; transition distincte et régulière.

**Btcs2** 60- 20 cm Carapace; argile sableuse; massive avec structure de la roche et débris de roche; nodules Fe- Mn et quartz 60-80 pour cent.

**Résultats analytiques: profil 14 (Daig M3)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ap	12	27	78	15	5	LS	0.43	6,2	3,1	0,9	0,1	0,6	4,9	68	97
AB	32	82	67	12	12	LS	0.39	6,2	2,1	0,8	0,2	0,6	4,1	23	90
Bts	54	93	49	34	34	SL		6,8	4,1	2,1	0,2	0,5	14,8	44	46
Btc	80	26	67	21	21	LAS		6,6	2,8	1,6	0,2	0,5	9,6	46	53
BCc	120	80	60	26	26	LAS		6,4	3,8	2,2	0,2	3,6	13,2	51	74

**DAIG M 5**

**Classification:**

FAO: Cambisol gleyique  
CPCS: Sol brun argileux eutrophe hydromorphe

Prospection: BENSOTER  
Date de la description: 16/04/1997  
Auteurs: A.M. Igué et Offi  
Localisation: entre Ekokoari et colline Sozoun  
Altitude: 160 m  
Géomorphologie: bas de pente de colline  
Pente: 2 à 3 pour cent  
Végétation: savane arbustive. pâturage  
Utilisation du sol: coton. pâturage

**Informations générales:**

Roche-mère: basalte  
 Drainage: imparfait  
 Profondeur de la nappe phréatique: non visible  
 Traces d'érosion: en nappe

**Description des horizons:**

- 0 - 20 cm Brun jaunâtre foncé (10 YR 3/3) et (2.5 YR 3/4). taches 10 pour cent; limon sableux; structure moyennement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; nombreuses fines racines; transition distincte et régulière.
- 20 - 32 cm Brun jaunâtre (10 YR 5/4). taches 10 pour cent (5 YR 3/3); limon argilo-sableux; structure moyennement développée polyédrique subangulaire; friable; assez nombreux pores de toutes tailles; nombreuses fines et moyennes racines; transition distincte et régulière.
- 32 - 52 cm Brun olive (2,5 YR 4/4). taches 40 pour cent (5 YR 4/8); argile; structure massive. faiblement polyédrique subangulaire; très ferme; peu poreux; peu nombreuses racines; transition distincte et régulière.
- 52 - 100 cm Brun olive (2,5 YR 4/4). argile; petites concrétions ferromanganiques 10 pour cent. structure massive; très ferme; peu poreux; rares racines; petites concrétions ferromanganiques 10 %.

**Résultats analytiques: profil 15 (Daig M5)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>tot</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na cmol/Kg soil	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ah	20	4	69	23	8	LS	0,57	7,2	2,6	0,8	0,2	0,2	5,3	66	73
Abg	32	6	53	23	23	LAS	0,50	6,8	4,2	1,7	0,7	0,2	11,0	48	62
Bwg	52	8	34	27	39	LS	0,46	6,8	7,2	3,2	1,5	0,2	19,4	50	62
CBwg	100	11	29	22	48	LS		7,3	11,9	1,7	2,9	0,5	27,8	58	72

**BJCS6****Classification:**

FAO: Cambisol sodi-vertique  
 CPCS: Sol brun eutrophe tropical peu évolué ; vertique

Auteurs: A.M. Igue et G.Ch. Gnangoli  
 Position: 7 52' .708 Long-2° 06' .749 Lat.  
 Localisation: dans la teckeraie. à 100 m environ de la colline sur l'axe Dassa – Logozohè à 2 km avant Logozohè.  
 Roche-mère: roche basique (microsyénite avec amphibole et microcline ou gabbros quartzifères).  
 Géomorphologie: haut de versant.  
 Hydrologie: profil à drainage modéré.  
 Pédologie: couverture discontinue. sol brun eutrophe peu évolué.  
 Climat: subéquatorial avec influence du climat du type soudano-guinéen.

Température: moyenne annuelle: 27°C; pluviométrie: 1200 mm

Végétation et occupation humaine: teckeraie

**Aptitude culturale:**

Ce sont des sols très riches chimiquement qui présentent en outre des propriétés physiques excellentes dues à une argile à très bonne structure. Les teneurs en eau compensent largement la faible profondeur d'utilisation du sol par les racines. Ces sols conviendraient à toutes les cultures exigeantes en eau.

**Description synthétique:**

Sol brun limoneux sableux sur argile brune à brun olive. à structure polyédrique à massive. contenant des concrétions noires (plomb de chasse) et des nodules calcaires de 1 à 3cm de diamètre ; apparition de la roche à 160 cm.

**Description morphologique:**

**A11** 0 – 12cm Horizon brun foncé 10 YR 2/2 à l'état frais; limon; structure grumeleuse fine et moyenne; meuble; très nombreux pores très fins et fins; très nombreuses racines fines et moyennes; peu nombreuses grosses racines; activité biologique intense; transition distincte et régulière.

**A12** 12–40cm Horizon brun grisâtre 10 YR 4/2 à l'état frais; argile ; structure polyédrique subangulaire à cubique. peu nombreux pores très fins. fins et moyens; assez nombreuses racines de toutes tailles; peu nombreuses concrétions ferromanganifères. et peu nombreux graviers de quartz; activité biologique assez intense; transition distincte et progressive.

**(B)** 40–80cm Horizon brun grisâtre foncé 2.5 Y 4/2 à l'état frais; argile; structure massive à polyédrique subangulaire; peu nombreux pores très fins et fins; peu nombreuses concrétions (ou plomb de chasse). et peu nombreux graviers de quartz ; activité biologique peu intense; transition distincte et progressive.

**Ckc** 80– 60cm Horizon brun olive foncé 2.5 Y 4/4 à l'état frais; argile d'altération ; structure massive et compacte; peu nombreux nodules calcaires ou blancs. et peu nombreuses concrétions noires; activité biologique peu intense; transition distincte et irrégulière.

160– 190cm Horizon roche en voie d'altération.

**Résultats analytiques : profil 16 (BJCS6)**

Horizon	<b>A11</b>	<b>A12</b>	<b>Bw</b>	<b>C kc</b>
Profondeur cm	0-12	12-40	40-80	80-160
Refus % (2 mm)	0,6	2,6	3,1	1,2
0 - 2 µ %	11,87	49,85	53,23	54,76
2 - 20 µ %	15,49	17,71	17,14	18,62
20 - 50 µ %	26,51	14,12	12,08	12,81
50 - 200 µ %	36,22	11,38	7,70	8,27
200 - 2000 µ %	9,21	5,79	5,25	5,35

Humidité	-	-	-	-
pF 2,5	20,3	44,3	48,4	-
pF 4,2	9,7	28,3	30,4	-
Eau utile	10,6	16,0	18,0	-
C %	1,43	0,74	0,41	-
N %	0,107	0,063	0,042	-
C/N	13,4	11,7	9,8	-
M.O %	2,47	1,28	0,71	-
pH eau (1/2,5)	7,2	7,4	8,7	9,2
pH KCl (1/2,5)	5,7	5,5	6,8	7,2
Ca ++ éch. méq/100g	6,73	10,67	11,85	16,97
Mg++ éch. méq/100g	4,13	13,48	14,97	16,81
K- éch. méq/100g	0,43	0,55	0,54	0,45
Na- éch. méq/100g	0,41	2,89	4,13	5,61
Somme cations	11,70	27,59	31,49	39,84
CEC méq/100g	12,00	29,00	20,45	30,70
CEC Argile (méq)	59	53	36	56
% V = ST x 100	98	92	100	100
P. ass. Truog ppm	7	2	2	3
ESP %	3	10	20	18

## BJCS 7

### Classification:

FAO: Gleysol verti-eutrique

CPCS: Sol hydromorphe peu humifère à pseudogley

Auteurs:	Igue. A.M.; Gngangoli. G. Ch.
Localisation:	1,3 km de l'axe Dassa-Logozohè en allant vers Glazoué
Roche-mère:	roche basique (microsyénites avec amphiboles ou gabbros quartzifères)
Géomorphologie:	bas de versant de la colline de Logozohè sur une pente de 2 pour cent
Hydrologie:	profil à drainage mi-parfait
Pédologie:	couverture pédologique discontinue. sol hydromorphe à pseudogley
Climat:	subéquatorial avec influence du climat du type soudano-guinéen ;
Température:	moyenne annuelle 27° C; pluviométrie 1200 mm
Végétation:	savane arbustive a <i>Pteurocarpus</i> . <i>Terminalia</i> . <i>Combretum</i> . <i>Tectona</i>

### Aptitude culturale:

Ces sols conviennent très bien pour les plantes supportant un engorgement partiel (bananier, riz, maïs). De plus la présence de limon en fait des terres faciles à cultiver.

### Description synthétique:

Sol brun jaunâtre. limon sableux sur argile concrétionnée et blanchie à mi-profondeur avec d'assez nombreuses taches ocre-rouille à rouges démarrant après les 12 premiers centimètres. l'horizon argileux de profondeur contient des nodules de calcaire et des concrétions en forme de plomb de chasse.

**Description morphologique:**

- Ah1** 0 - 5 cm Horizon brun foncé (10 YR 3/3) à l'état frais. limon sableux ou sable fin limoneux. structure faiblement développée polyédrique subangulaire. fin à moyen; meuble. très nombreux pores. très fins et fins et peu nombreux moyens pores; nombreuses racines très fines et fines; peu nombreuses moyennes racines; activité biologique peu intense. nids de fourmis; transition distincte et régulière.
- Ah2** 5-12 cm Horizon brun olive clair (2,5 Y 5/4) à l'état frais. à brun jaunâtre clair (10 YR 6/4); limon sableux. friable; structure faiblement développée polyédrique subangulaire. fin à moyen. très nombreux pores très fins et fins et nombreux moyens pores; assez nombreuses fines et moyennes racines. activité biologique assez intense. nids de fourmis ; transition distincte et régulière.
- Bg** 12-32 cm Horizon brun jaunâtre clair (2,5 Y 6/4). peu nombreuses taches ocre rouille (7,5 YR 5/6) devenant assez nombreuses à la base de l'horizon. fines (2 mm). distinctes et assez nettes; limon argileux. structure moyenne développée polyédrique subangulaire; friable. nombreux pores très fins et fins. et peu nombreux moyens pores; assez nombreuses fines et moyennes racines et quelques grosses racines. très peu nombreux nodules ferrugineux; activité biologique intense. krotovines. galeries de fourmis. racines pourries; transition distincte et ondulée.
- Bgcs** 32–58 cm Horizon blanchi ou gris clair (10YR 7/2) à l'état frais. assez nombreuses taches ocres (7,5YR 5/8) fines à moyennes. distinctes. assez nettes; argile sableuse; structure moyennement développée polyédrique subangulaire. fin à moyen. peu collant; assez nombreux pores fins et moyens; assez nombreuses racines fines à moyennes et quelques grosses racines. très nombreuses concrétions à patines. ferro-manganifères petites à grosses. dures. de couleur rouge noirâtre; activité biologique peu intense; quelques galeries de fourmis; transition distincte et ondulée.
- Bg** 58–70 cm: Horizon gris brunâtre clair ( 2,5Y 6/2). nombreuses taches rouges (2,5YR 4/6) fines. distinctes. assez nettes; argile; structure massive à débit polyédrique. peu collant à l'état humide et ferme à l'état frais; présence de minces cutans argileux. localisés à la face des agrégats. peu nombreuses concrétions ferro-manganifères. activité biologique intense; transition distincte et régulière.
- 58– 180cm Horizon brun olive (2,5Y 4/4) argileux; on observe quelques taches rouges diffuses. peu nettes. à la partie supérieure de l'horizon; structure massive compacte; peu nombreux pores fins et moyens. rares racines ; peu nombreuses concrétions ferro-manganifères petites à grosses. dures. de forme arrondie. de couleur noirâtre; peu nombreux nodules calcaires. de couleur blanchâtre. de 1 à 3 cm de diamètre ; assez nombreuses fines fentes subverticales et horizontales.

**Résultats analytiques: profil 17 (BJCS7)**

Horizon	Ah1	Ah2	Bg	Bgcs	Bg	Ck
Profondeur cm	0-5	5-12	12-32	32-58	58-70	70-180
Refus % (2 mm)	0,2	0,2	1,0	27,3	7,4	4,0
0 - 2 µ %	10,28	10,83	21,13	28,26	54,34	51,45
2 - 20 µ %	20,56	20,37	23,22	22,08	15,65	12,80
20 - 50 µ %	26,64	23,51	23,04	17,16	12,11	14,37

50 - 200 $\mu$ %	40,86	36,63	25,51	19,45	11,48	14,64
200 - 2000 $\mu$ %	2,17	7,38	5,94	11,81	7,00	6,97
Humidité	-	-	-	-	-	-
pF 2,5	18,6	13,5	-	-	-	-
pF 4,2	6,8	6,0	-	-	-	-
Eau utile	11,8	7,5	-	-	-	-
C %	0,96	0,60	0,49	-	-	-
N %	0,074	0,053	0,051	-	-	-
C/N	13,0	11,3	9,6	-	-	-
M.O %	1,66	1,03	0,84	-	-	-
pH eau (1/2,5)	7,1	6,4	6,6	6,7	6,8	7,9
pH KCl (1/2,5)	5,7	4,9	4,6	4,6	4,6	6,4
Ca ++ éch. méq/100g	3,97	2,60	4,29	5,68	12,23	18,44
Mg++ éch. méq/100g	1,51	1,10	1,58	2,03	4,40	5,90
K- éch. méq/100g	0,37	0,25	0,29	0,37	0,44	0,38
Na- éch. méq/100g	0,18	0,21	0,34	0,51	1,01	1,80
Somme cations	6,03	4,16	6,50	8,59	18,08	26,52
CEC méq/100g	9,20	6,00	9,05	12,65	25,10	25,10
CEC Argile (méq)	57	36	35	45	46	49
% V = ST x 100	66	69	72	68	72	>100
P. ass. Truog ppm	2	1	1			
ESP %	2	4	4	4	4	7

## Annexe 3

### Participants

#### PAYS MEMBRES

##### Bénin

Dr H. A. AZONTONDE  
Directeur, CENAP  
Centre national d'agro-pédologie  
01 B.P. 988, Cotonou  
Tel: (00229) 35 00 70 / 94 29 04  
Fax: (00229) 30 07 36  
E-mail: cenap@bow.intnet.bj

Dr M. IGUE  
Chef, Division inventaire et évaluation  
des ressources en sols, CENAP  
Centre national d'agropédologie  
01 B.P. 988, Cotonou  
Tel: (00229) 35 00 70 / 33 55 28  
Fax: (00229) 30 07 36  
E-mail: cenap@bow.intnet.bj  
E-mail: igue-mouinou@lycos.com

M. G. KPAGBIN  
Attaché de recherche, CENAP  
Centre national d'agropédologie  
01 B.P. 988, Cotonou  
Tel: (00229) 35 00 70 / 94 08 37  
Fax: (00229) 30 07 36  
E-mail: cenap@bow.intnet.bj

M. M. LAWANI  
Agro-pédologue, CENAP  
Centre national d'agropédologie  
01 B.P. 988, Cotonou  
Tel: (00229) 35 00 70  
Fax: (00229) 30 07 36  
E-mail: cenap@bow.intnet.bj

M. I. YOUSOUF  
Agro-pédologue, CENAP  
Centre national d'agropédologie  
01 B.P. 988, Cotonou  
Tel: (00229) 35 00 70  
Fax: (00229) 30 07 36  
E-mail: cenap@bow.intnet.bj

M. V. AGOSSOU  
Agro-pédologue  
CRA Nord, INA  
B.P. 03, N'Dali  
Tel : (00229) 30 02 64  
Fax : (00229) 30 07 36  
E-mail: inrab.kite@intnet.bj

##### Burkina Faso

Dr L. THIOMBIANO  
Pédologue, INERA  
06 B.P. 9046, Ouagadougou 06  
Tel: (00226) 31 92 02 / 31 92 08  
Fax: (00226) 31 9208  
E-mail: lamourdia.thiombiano@ messrs.  
gov.bf

M. K. J. YAGO  
Directeur général, BUNASOLS  
Bureau national des sols  
03 B.P. 7142, Ouagadougou 03  
Tel: (00226) 36 18 85/89 36 21 22  
Fax: (00226) 36 20 96  
E-mail: bunasol@cenatrin.bf

M. R. KISSOU  
Ingénieur agro-pédologue, BUNASOLS  
Bureau national des sols  
03 B.P. 7142, Ouagadougou 03  
Tel: (00226) 36 18 85/89  
Fax : (00226) 36 20 96  
E-mail : bunasol@cenatrin.bf

M. A. K. NEBIE  
Assistant pédologue, BUNASOLS  
Bureau national des sols  
03 B.P. 7142, Ouagadougou 03  
Tel: B. (00226) 36 18 85/89 D. 43 66 20  
Fax: (00226) 36 20 96  
E-mail: bunasol@cenatrin.bf

M. A. SEMDE  
 Technicien supérieur en agro-pédologie  
 Bureau national des sols (BUNASOLS)  
 B.P. 7142, Ouagadougou 03  
 Tel: (00226) 36 18 85/89  
 Fax: (00226) 36 20 96  
 E-mail: bunasol@cenatrin.bf

### Ghana

Mr R.D. ASIAMAH  
 Director , Soil Research Institute  
 Academy Post Office  
 Kwadaso-Kumasi  
 Tel: (00233) 51 50353/4 Direct 50060  
 Fax: (00233) 51 50308  
 E-mail : soils@africaonline.com.gh

M. T. ADJEI-GYAPONG  
 Pedologist, Soil Research Institute  
 Academy Post Office  
 Kwadaso-Kumasi  
 Tel: (00233) 51 50353/4  
 Fax: (00233) 51 50308  
 E-mail : soils@africaonline.com.gh

### Mali

M. B. KEITA  
 Chef, Pédologie  
 IER – LABOSEP  
 BP 256 Sotuba, Bamako  
 Tel: B. (00223) 24 61 66 D. 24 68 94  
 E-mail: bassirou@ier.ml

### Niger

M. G. ANNOU  
 INRAN  
 B.P. 429, Niamey  
 Tel: (00227) 74 29 67 / 74 27 31  
 Fax: (00227) 74 29 67  
 E-mail: Garbaam@intnet.ne

### Sénégal

Dr M. KHOUMA  
 Chef du CNRA de Bambey  
 ISRA B.P. 3120, Dakar  
 Tel. (221) 973 63 48  
 Fax (221) 832 24 27

E-mail: douma@refer.sn  
 E-mail: mkhouma@isra.sn

### Togo

M. K. S. WOROU  
 Coordonnateur Gestion des ressources  
 naturelles  
 Institut togolais de recherche agronomie  
 B.P. 1163, Lomé  
 Tel: (00228) 25.30.96 / 25.21.48 / 25.41.18  
 or 07.70.04  
 Fax: (00228) 25.15.59  
 E-mail: itra@cafe.tg  
 E-mail: worou@usa.net

### OBSERVATEURS

Prof. S. J. DECKERS  
 Laboratory for Soil & Water  
 Vital Decosterstraat 102  
 3000 Leuven, Belgium  
 Tel : + 32-16-32 97 42  
 Fax : + 32-16-32 97 60  
 E-mail : seppe.deckers@agr.kuleuven.ac.be

Dr J. DIELS  
 Soil Scientist/Modeller  
 Resource and Crop Management Division  
 International Institute of Tropical Agriculture  
 Oyo Road, PMB 5320  
 Ibadan, Nigeria  
 Tel : (00234) 241 2626  
 Fax : (00234) 241 2221  
 E-mail : j.diels@cgiar.org

### FAO

Dr F. NACHTERGAELE  
 Fonctionnaire technique, ressources en sols  
 (AGLL)  
 FAO  
 Viale delle Terme di Caracalla  
 00100 Rome, Italie  
 Tel: (06)-570 54888  
 Fax: (06)-570 56275  
 E-mail: Freddy.Nachtergaele@fao.org

Dr R. SANT'ANNA  
Fonctionnaire principal des ressources en  
sols  
FAO, Bureau régional pour l'Afrique  
P.O. Box 1628  
Accra , Ghana  
Tel: (00233)-21-675000 Poste 3122  
(00233)-21-664608  
Fax: (00233)-21-668427  
E-mail: Racim.Santanna@fao.org

Mlle A. M.P. KUMAPLEY  
Secrétaire bilingue  
FAO, Bureau régional pour l'Afrique  
P.O. Box 1628, Accra , Ghana  
Tel: (00233)-21-675000 Poste 3121  
Fax: (00233)-21-668427  
E-mail: AmiMassan.Kumapley@fao.org

Mme D. OSINBOWALE  
Secrétaire  
FAO, Bureau régional pour l'Afrique  
P.O. Box 1628, Accra, Ghana  
Tel: (00233)-21-675000 Poste 3120  
Fax: (00233)-21-668427  
E-mail: Doreen.Osinbowale@fao.org



## Annexe 4

# Field excursion (Excursion sur le terrain) 12 – 13 October 2000

LANDSCAPE, SOILS AND LAND USE IN DERIVED SAVANNAH IN SOUTH-CENTRAL BENIN  
(GÉOMORPHOLOGIE, SOLS ET OCCUPATION DES SOLS DANS LA SAVANE DU BÉNIN CENTRE-SUD)

M. Igue, R. Sant'Anna and J. Diels

### CONTENTS:

Time schedule  
Geology and geomorphology  
Overview of landscapes and soils  
Soil profile descriptions and analysis

### TIME SCHEDULE

#### 12/10/2000

7.30: Introduction to the biophysical environment of south-central Benin (Geology. Geomorphology. Climate and Soils )  
7.45: Departure to Aplahoué and Eglimè (150 km. Mono Department)  
8.45: Toposequence 3 with profiles 9 to 11 on gneiss and migmatite (BJ EGLI 7. BJ EGLI8 and BJ EGLI 9)  
10.10: Toposequence 1 with profiles 1 to 3 on Continental Terminal (BJZOUZ1. BJZOUZ3 and BJZOUZ4)  
13.10: Lunch  
14.10: Toposequence 2 with profiles 4 to 8 on gneiss and migmatite (BJEGLI1. BJEGLI2. BJEGLI3. BJEGLI4. BJEGLI5)  
17.30: Departure to Abomey (60 km. Zou Department)  
18.15: Arrival and night at Abomey

#### 13/10/2000

7.45: Departure to Dassa-Zoumé (80 km)  
9.00: Toposequence 4 with profiles 12 to 14 on colluvium, gneiss and migmatite: (BJJGM1. BJJGM2. BJJGM3)  
11.00: Toposequence 5 with profiles 16 to 18 on basalt (BJJGM5. BJ CS 6 and BJ CS 7).  
13.00: Lunch

## GEOLOGY

Benin is situated on the Precambrian crystalline rocks, usually known as “Basement complex”; petrographically, it is largely composed of acid metamorphic rocks of the Dahomeyen series (gneiss, migmatite, granite). Included are basalt, gabbro, quartzite and volcano-sedimentary intrusive mylonite as well as rhyolite.

Migmatites cover more than 60 percent of the study area. They show a great variety of morphology. In this unit are grouped gneiss with biotite and amphibole, amphibolite and gneiss which are characterized by intensive migmatization.

The South is covered by sediments of Cretaceous to Quaternary ages.

## GEOMORPHOLOGY

The particular geomorphology of great zones is closely linked to lithology and geological history. The landscape is characterized by peneplains with scattered inselbergs, plateaux and the valleys of three rivers. The southern border is formed by the Cretaceous plateau.

This peneplain is crossed in the South-East by the Couffo river, in the West by the Ouémé which receives important affluents as the Okpara from North-East and the Zou from North-West. It is dominated by a string of mountains. These form units which are positioned NS: Dassa, Gobada, Logozohe, Tchetti, Savalou, Lanta, and Badagda. The study area is overlooked by Dassa and Savalou mountains (mean altitude 400 m, higher elevations are up to 465 m).

The peneplains seem to correspond with an old levelling surface or old pediment and the mean altitude is about 200 m. It stretches from a piedmont with gentle slope hills to rivers. But the slope from the Cretaceous plateau to the crystalline basement is very abrupt. The plateau distinctly overlooks the peneplain by more than 50 m (100 m in some places). Some relics and some outcrops of ferruginous crusts indicate this old surface in the Savalou zone. With the incision of the actual hydrographic network this old surface is mainly eroded. The hydrographic network follows the geological formations.

In the West of the study area, the topography is very gentle. The basement outcrops are very frequent but inselbergs are rare.

In the East, the landscape is formed by hills and the hydraulic network is dense.

In the South, the landscape forms a more pronounced topography with short rectilinear glacis. This zone corresponds with the younger part of the Crystalline basement.

Generally, the peneplain can be considered as surrounded by two higher altitude levels: Sedimentary plateau series in the South with more than 200 m and limited by a ledge; Mountain range of Savalou in the North.

The peneplain is composed of two levels: (1) medium level altitude (120–200 m) with very few marked landforms and convex slopes flank the granitic zones and short concave slopes elsewhere. In this way, the landform consists of small domes (interfluvies) with 2–3 percent slope where rill erosion is intensive and gully erosion starts from minor bed of backwaters. (2) low level altitude (< 120 m) with less than 1 percent slope.

## OVERVIEW OF SOILS

### Continental Terminal

On the plateau the major soils are Ferrali-haplic Lixisols (60 percent) and Ferrali-haplic Acrisols (40 percent) with medium pH ( $\gg$  6.0), low CEC (7.0, apparent CEC 19.8 for Bt horizons) and base saturation of about 60 percent (Bt horizons). On gravelly escarpments Leptosols and further downslope colluvial Arenosols occur. Valleys on Continental Terminal are dominated by Fluvisols and Gleysols.

### Basement Complex

The distribution and variability of soil types within terrain components can be derived from transects. Accordingly, most soils of the high peneplain on gneiss, migmatite, rhyolite and sandstones basement are Ferric Luvisols with a CEC of more than 24 meq/kg clay. Haplic Acrisols, Ferric Alisols and Ferric Lixisols are also found, sometimes associated with Haplic Arenosols on the transect. The B horizons of these ferric soils have a high content of Fe-Mn concretions, quartz gravel and stone fragments which are sometimes baked into ironstone. Plinthosols are also common in the sequence.

Removal of surface materials due to erosion forms skeletal or petroplinthic phases, which encourage water stagnation (Stagnic Luvisols) in the lower slopes of the transects.

When the soils are formed from granitic and quartzitic basements, the major soils are Haplic Arenosols with Eutric Regosols associated. These soils occupy great areas in the Agouna, Paouignan and Savè zones.

In the low peneplain the major soils are Mollic Gleysols, Eutric Vertisols, Eutric Cambisols and Mollic or Stagnic Solonetz. These soils, which are developed on basic rocks, have a high clay content and CEC, often with iron concretions. Organic matter occurs down to 0.5 – 0.6 m. Mollic Fluvisols sometimes occupy shallow valleys along rivers and streams.

Iron nodules and concretions are formed in the kaolinitic as well as in non kaolinitic matrix. But normally they are residually concentrated in the stoneline that is emplaced during slope evolution. Two types of nodules co-exist in the soils: pisolithic concretions on the one hand and lateritic materials and the nodules which must be considered as relics of an ancient weathered lateritic mantle on the other. The latter provides evidence of a former large extension of this mantle over the basement. The mantle seems to have been irregularly removed by drainage rejuvenation.

Relief seem to be an important factor of soil formation at the flanks of inselbergs where Mollic Leptosols are associated with Umbric Cambisols.

## SOIL PROFILE DESCRIPTIONS AND ANALYSIS

### ZOUZ 1

#### Soil Classification:

WRB: Eutri-Ferralic Nitisol (Chromic Lixisol ?)  
 Soil Taxonomy (1998): Fine-clayey Isohyperthermic Typic Kandiuustalf  
 CPCS (1967): Sol ferralitique faiblement désaturé

**Authors:** E. Mathé and A.M. Igué (4/5/98)

**Location:**

Vodjihoué village (Zouzouvou). Département du Mono. Benin  
6° 54.041' N. 1° 41.560' E; Elevation: 160 m

**Land system:**

Parent material: Sandy clay of Continental Terminal formation  
Physiography: Dissected plateau (Plateau d' Adja) with steepest slopes between 2 and 8 percent  
Position in land system: The site is located on the plateau on a 500 m long gentle linear slope (0.5 percent)  
Vegetation: maize. oil palm and Eucalyptus trees (reforestation)  
Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

**Moisture regime:**

Moisture condition at the time of examination: moist  
Depth of groundwater level: >2 m  
Drainage: well drained  
Internal drainage: rapid  
Runoff: slow to very slow

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 60 cm  
Effective soil depth: 120 cm  
Soil fauna: krotovines. insect nests  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Deep. dark reddish brown to red sandy loam on sandy clay soil with moderately developed subangular polyedric structure. showing many pores and well developed rooting pattern

**Detailed soil description**

**A<sub>p</sub>** 0-14 cm Dark reddish brown (5 YR 3/3) when moist. loamy sand; friable when moist; weakly developed very fine granular structure; many fine vesicular and interstitial pores; many fine roots; clear smooth boundary.

**E** 14-40 cm Dull reddish brown (2.5 YR 4/4) when moist. sandy loam; friable when moist; weakly developed fine and medium subangular blocky structure; many fine vesicular. interstitial and tubular pores; many fine and medium roots; gradual smooth boundary.

**B<sub>tl</sub>** 40-62 cm Reddish brown (2.5 YR 4/6) when moist. sandy clay loam; friable to firm when moist; moderately developed medium to coarse subangular blocky

structure; many fine to medium vesicular and tubular pores; continuous clay and Fe/Al cutans on root channels; common fine and medium roots; clear smooth boundary.

**B<sub>12</sub>** 62->120cm Red (10 R 4/6) when moist. sandy clay; strongly developed medium to coarse subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; continuous clay and Fe/Al cutans on root channels; few fine and medium roots.

### Soil analysis of profile 1

#### Zouz 1

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20µ	% 20 - 53µ	% 53-125µ	% 125-250µ	% 250 - 500µ	% 500 - 1000µ	% > 1000µ	USDA texture
Ap	0-14	0	87	3	10	1	2	6	30	37	13		2 loamy sand
E	14-40	0	83	4	14	2	2	4	25	37	13		3 sandy loam
Bt1	40-62	0	77	2	21	0	2	3	23	32	15		4 sandy clay loam
Bt2	62-120	0	57	2	41	0	1	3	16	21	13		5 sandy clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
Ap	0-14	2.9	0.8	0.2	0.3	0.09	0.3	0.0	4.6	5.8	60	73	6.9	6.2
E	14-40	2.1	0.4	0.1	0.3	0.05	0.7	0.0	3.6	5.2	38	55	7.0	6.1
Bt1	40-62	2.7	0.7	0.0	0.2	0.03	0.3	0.0	4.0	8.0	38	46	6.9	6.0
Bt2	62-120	3.7	1.1	0.0	0.2	0.02	0.7	0.0	5.8	13.0	32	39	6.9	5.8

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wcs	alpha	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	wc_0.1bar	wc_0.2bar	wc_15bar
Ap	0-14	14.20	0.051	0.56	11.0	0.04	0.38	0.0400	2.30	0.57	1.41	0.10	0.09	0.04
E	14-40	1.80	0.027	0.29	10.7	0.06	0.36	0.0422	2.44	0.59	1.47	0.10	0.08	0.05
Bt1	40-62	1.90	0.028	0.27	9.5	0.06	0.32	0.0425	2.34	0.57	1.44	0.10	0.07	0.05
Bt2	62-120	1.50	0.030	0.23	7.5	0.10	0.37	0.0713	1.48	0.32	1.41	0.20	0.18	0.12

### ZOUZ 3

Soil Classification:

WRB: Epipetric Plinthosol

Soil Taxonomy (1998): Fragmental Isohyperthermic Lithic Ustorthent

**Authors:** E. Mathé and A.M. Igué (6/5/98)

#### Location:

West of Vonnouhou Village (Zouzouhou) in area with ironstone outcrops. Département du Mono. Benin

6° 54.420' N. 1° 40.332' E; Elevation: 120 m

#### Land system:

Parent material: Sandstone of Continental Terminal formation

Physiography: Dissected plateau (Plateau d' Adja) with steepest slopes between 2 and 8 percent

Position in land system:	The profile is located just below a scarp on the upper valley side on a 200 m long convex slope (12 percent).
Vegetation:	maize. oil palm
Climate:	Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

**Moisture regime:**

Moisture condition at the time of examination: moist

Depth of groundwater level: >2 m

Drainage: moderately well drained

Internal drainage: rapid

Runoff: medium

**Surface features:**

Between 15 and 90 percent of surface is covered with stones; stones are 0.75 to 1.6 m apart; no rock outcrops

Water erosion: sheet and rill erosion. class 2

**Other features:**

Root distribution: up to 100 cm

Effective soil depth: >100 cm

Surface crusting: present

Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Shallow red loamy sand on sandy clay loam. with many petroferric sandstone gravels. stones and boulders. structureless. porous and with well developed rooting pattern

**Detailed soil description**

<b>A<sub>p</sub></b> 0-10 cm	Dark reddish brown (5 YR 3/3) when moist. gravelly loamy sand; loose when moist; weakly developed fine granular structure; many fine and medium vesicular and interstitial pores; 40 percent 5-10 mm irregular red hard Fe-Mn nodules; common very fine and fine roots; clear smooth boundary.
<b>ABsm</b> 10-27 cm	Dark reddish brown (5 YR 3/4) when moist. very stony loamy sand; friable when moist; no structure; many medium interstitial pores; 30 percent 5-10 mm irregular red-black hard Fe - Mn nodules; 60 percent 50-150 mm angular red-black Fe/Mn/kaolinite stones; common very fine and fine roots; clear wavy boundary.
<b>Bsm1</b> 27-70 cm	Dark reddish brown (2.5 YR 3/6) when moist. very bouldery sandy loam; friable when moist; no structure; many fine interstitial pores; 30 percent 5-10 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules; 60 percent 50-300 mm angular red/black/yellow hard Fe/Mn/kaolinite stones; common very fine. fine and medium roots; gradual wavy boundary.
<b>Bsm2</b> 70->100 cm	Reddish brown (2.5 YR 4/6) when moist. very bouldery sandy clay loam; friable when moist; no structure; many interstitial pores; 30 percent 5-10 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules; 50 percent 300 mm angular red/yellow hard Fe/kaolinite stones; common fine and medium roots.

## Soil analysis of profile 2

### Zouz 3

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20 $\mu$	% 20 - 53 $\mu$	% 53-125 $\mu$	% 125-250 $\mu$	% 250 - 500 $\mu$	% 500 - 1000 $\mu$	% > 1000 $\mu$	USDA texture
Aps	0-10	37	72	8	20	5	3	7	23	22	13	8	sandy loam
ABsm	10-27	84	81	3	17	0	2	4	19	33	14	12	sandy loam

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
Aps	0-10	10.7	3.0	1.0	0.4	0.08	0.3	0.0	15.5	13.9	70	108	7.4	6.8
ABsm	10-27	4.0	1.1	0.2	0.3	0.06	0.3	0.0	6.0	7.3	44	77	6.8	6.3

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr [ $\frac{m^3}{m^3}$ ]	wcs	alpha 1/cm	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	we_0.1bar [ $\frac{m^3}{m^3}$ ]	we_0.2bar	we_15bar
Aps	0-10	54.50	0.181	2.01	11.1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
ABsm	10-27	2.70	0.063	0.54	8.5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

### ZOUZ 4

#### Soil Classification:

WRB: Eutric Regosol ?  
 Soil Taxonomy (1998): Fine-loamy Isohyperthermic Typic Ustorthent  
 CPCS (1967): Sol ferrallitique faiblement désaturé

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (4/5/98)

#### Location:

West of Nonnouhoué village (Zouzouvou) near stream. Département du Mono. Benin  
 6° 54.560' N. 1° 40.247' E; Elevation: 100 m

#### Land system:

Parent material: Colluvial material derived from sandstone of Continental Terminal formation  
 Physiography: Dissected plateau (Plateau d' Adja) with steepest slopes between 2 and 8 percent  
 Position in land system: the site is located on the lower valley side (near stream) on a 150 m long concave slope (3 percent).  
 Vegetation: Maize. cassava. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

#### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist  
 Depth of groundwater level: >2 m

Drainage: well drained  
 Internal drainage: rapid  
 Runoff: medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
 Water erosion: sheet and rill erosion. class 1 and 2

**Other features:**

Root distribution: up to 90 cm  
 Effective soil depth: >120 cm  
 Human influence: pottery fragments  
 Soil fauna: krotovines. insect nests  
 Surface sealing and crusting: none  
 Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Deep. dark reddish brown sandy loam on gravelly sandy clay loam soil. with moderately developed structure. showing few greyish mottles below 90 cm. many pores and well developed rooting pattern. A stoneline at 50 cm depth separates older from more recent alluvial deposits

**Detailed soil description**

- Ap** 0-10 cm Brownish black to dark reddish brown (5 YR 2.5/2) loamy sand; friable moist; weak fine to medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; few fine roots; clear smooth boundary.
- C<sub>1</sub> (B1)** 10-40 cm Dark reddish brown (2.5 YR 3/6); sandy loam; friable when moist; moderate medium to coarse subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; common fine and medium roots; clear wavy boundary.
- C<sub>2</sub> (B2)** 40-90 cm Dark reddish brown (2.5 YR 3/6); slightly gravelly sandy clay loam; firm when moist; strong medium to coarse subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; continuous thin clay/organic matter cutans on root channels; 5 percent 5-10 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules; common fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- C<sub>3</sub>** 90->125 cm Dark reddish brown (2.5 YR 3/6); gravelly sandy clay loam; few fine distinct clear greyish yellow brown mottles; friable when moist; moderately developed medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular. interstitial and tubular pores; 30 percent 5-15 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules; few very fine and fine roots.

### Soil analysis of profile 3

#### Zouz 4

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20 $\mu$	% 20 - 53 $\mu$	% 53-125 $\mu$	% 125-250 $\mu$	% 250 - 500 $\mu$	% 500 - 1000 $\mu$	% > 1000 $\mu$	USDA texture
Ap	0-10	1	79	8	13	4	5	9	27	26	12	6	sandy loam
C1	10-40	0	75	13	12	7	5	14	26	23	10	2	sandy loam
C2	40-90	0	55	14	32	9	5	14	21	14	5	0	sandy clay loam
C3	90-125	16	72	5	23	3	2	4	9	29	20	9	sandy clay loam

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
Ap	0-10	5.2	1.0	0.6	0.2	0.10	0.3	0.0	7.4	9.1	71	77	7.0	6.4
C1	10-40	2.9	0.7	0.2	0.3	0.07	0.3	0.0	4.5	6.3	51	65	6.8	6.1
C2	40-90	4.0	0.7	0.1	0.3	0.04	0.7	0.0	5.8	8.1	25	63	6.8	5.8
C3	90-125	3.1	1.0	0.1	0.5	0.03	0.7	0.0	5.4	5.3	23	88	7.5	6.4

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr [ $\frac{m^3}{m^3}$ ]	wcs	alpha l/cm	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	we_0.1bar [ $\frac{m^3}{m^3}$ ]	we_0.2bar	we_15bar
Ap	0-10	33.80	0.081	1.01	12.5	0.07	0.39	0.0414	1.80	0.44	1.35	0.16	0.14	0.06
C1	10-40	2.50	0.038	0.32	8.5	0.05	0.38	0.0546	1.53	0.35	1.44	0.17	0.15	0.06
C2	40-90	0.90	0.032	0.32	10.1	0.09	0.34	0.1376	1.34	0.25	1.54	0.19	0.17	0.11
C3	90-125	3.60	0.024	0.23	9.6	0.09	0.31	0.0313	1.47	0.32	1.68	0.20	0.18	0.10

### EGLI 1

#### Soil Classification:

WRB: Endoskeleti-Endoleptic Cambisol (Eutric) ?  
 Soil Taxonomy (1998): Loamy-skeletal Isohyperthermic Typic Ustropept

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (21/4/98)

#### Location:

Eglimé village (toposequence 1). Département du Mono. Benin .  
 7° 4.078' N. 1° 39.512' E; Elevation: 200 m

#### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: undulating plateau (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in land system: the site is located on the interfluvial crest on a 150 m long linear slope (4 percent).  
 Vegetation: maize. cassava. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

#### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist  
 Depth of groundwater level: >2 m  
 Drainage: moderately well drained

Internal drainage: rapid  
Runoff: slow

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: between 2 and 10 percent of area covered with rock outcrops (between 35 and 100 m apart); between 0.1 and 3 percent of area covered with surface stones (between 0.75 and 1.6 m apart)  
Water erosion: sheet erosion. class 2

**Other features:**

Root distribution: up to 75 cm  
Effective soil depth: 90 cm  
Human influence: cultivation  
Soil fauna: insect nests  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief soil description:**

30 cm thick humus-rich sandy loam to sandy clay loam horizon on very gravelly sandy loam to loamy sand over continuous rock at 90 cm.

**Detailed soil description**

- A<sub>p</sub>** 0-18 cm Black (10 YR 2/1) moist. slightly gravelly sandy loam to sandy clay loam; very friable; moderate medium subangular blocky; many fine vesicular and tubular pores; 5 percent 5-10 mm angular red/black hard Fe/Mn nodules; many very fine. fine and medium roots; clear wavy boundary.
- AB** 18-27 cm Brownish black (10 YR 3/2) moist. gravelly sandy loam to sandy clay loam; very friable; moderate medium subangular blocky; many fine and medium vesicular and interstitial pores; 15 percent 5-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 15 percent 10-60 mm angular white-yellow hard quartz gravels; many very fine. fine and medium roots; clear wavy boundary.
- Bw** 27-46 cm Dull yellowish brown (10 YR 4/3) moist. very gravelly sandy loam; soft; weak fine to medium subangular blocky structure; many fine. medium and coarse vesicular and interstitial pores; 60 percent 10-60 mm angular white-yellow hard quartz gravels; few very fine and fine roots; gradual wavy boundary.
- C** 46-93 cm Brown (10 YR 4/6) moist; very gravelly loamy sand; soft when dry; no structure; many medium and coarse vesicular. interstitial and tubular pores; 80 percent 10-60 mm angular white-yellow hard quartz gravels; few very fine and fine roots.
- R** >93 cm Rock.

## Soil analysis of profile 4

Egli 1

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20µ	% 20 - 53µ	% 53-125µ	% 125-250µ	% 250 - 500µ	% 500 - 1000µ	% > 1000µ	USDA texture
Ap	0-18	9	70	17	13	11	6	13	14	18	19	6	sandy loam
AB	18-27	56	71	17	12	11	5	9	10	20	19	14	sandy loam
Bw	27-46	71	74	15	10	10	5	8	9	22	23	11	sandy loam
C	46-93	63	71	18	11	13	5	6	4	12	25	24	sandy loam

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
Ap	0-18	10.0	1.5	0.5	0.4	0.11	0.3	0.0	12.8	12.6	96	98	6.8	6.3
AB	18-27	4.9	0.7	0.2	0.3	0.08	0.3	0.0	6.5	12.5	104	49	7.2	6.4
Bw	27-46	3.9	0.7	0.1	0.3	0.03	0.3	0.0	5.3	8.7	84	57	7.1	6.2
C	46-93	2.7	0.7	0.1	0.3	0.02	0.3	0.0	4.1	7.3	65	52	7.1	5.8

hor	depth (cm)	BrayI-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	wcs	alpha l/cm	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	wc_0.1bar [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	wc_0.2bar	wc_15bar
Ap	0-18	29.00	0.091	1.26	13.9	0.03	0.44	0.1138	1.36	0.26	1.21	0.19	0.17	0.06
AB	18-27	4.40	0.061	0.77	12.5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Bw	27-46	2.90	0.041	0.48	11.8	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
C	46-93	1.50	0.023	0.27	11.8	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

## EGLI 2

### Soil Classification:

WRB: Episkeleti-Endoleptic Luvisol  
 Soil Taxonomy (1998): Clayey-skeletal Isohyperthermic Oxyaquic Paleustalf

**Authors:** E. Mathé and A.M. Igué (21/4/98)

### Location:

Eglimé village (toposequence 1). Département du Mono. Benin  
 7° 4.0455' N. 1° 39.6264' E; Elevation: 190 m

### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in land system: the site is located on the upper valley side on a 300 m long linear slope (5 percent).  
 Vegetation: maize. cowpea. cassava. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist  
 Depth of groundwater level: >2 m

Drainage:	moderately well drained
Internal drainage:	medium
Runoff:	medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: less than 2 percent of area covered with rock outcrops (> 100 m apart); less than 0.1 percent of area covered with surface stones  
 Water erosion: sheet erosion. class 2

**Other features:**

Root distribution:	up to 80 cm
Effective soil depth:	100 cm
Human influence:	cultivation
Soil fauna:	termite burrows
Surface sealing and crusting:	none
Surface cracking:	none

**Brief soil description:**

Reddish brown gravelly loamy sand to sandy clay with weak structure and medium drainage

**Detailed soil description**

<b>Ap</b> 0-15 cm	Brownish black (10 YR 3/2) moist; slightly gravelly loamy sand; very friable; moderate fine to medium subangular blocky; many fine and medium vesicular. interstitial and tubular pores; 2 percent 2-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 3 percent 5-10 mm angular white-yellow hard quartz gravels; many fine and coarse roots; abrupt smooth boundary.
<b>Es</b> 15-25 cm	Greyish yellow brown (10 YR 4/3) moist; gravelly loamy sand; very friable; weak fine subangular blocky; many fine and medium interstitial and tubular pores; 40 percent 2-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 10 percent 5-20 mm angular yellow hard quartz gravels; common fine and coarse roots; clear smooth boundary.
<b>EBs</b> 25-46 cm	Brown (10 YR 4/4) moist; very gravelly sandy loam; friable; no structure; common fine and medium vesicular and interstitial pores; 50 percent 2-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 20 percent 5-20 mm angular yellow hard quartz gravels; common fine and coarse roots; gradual smooth boundary.
<b>Bts</b> 46-83 cm	Reddish brown (2.5 YR 4/6) moist; very gravelly sandy clay; soft; no structure; weak cementation; common fine and medium vesicular and tubular pores; 50 percent 5-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 30 percent 10-50 mm angular yellow hard quartz gravels; few very fine and fine roots.

## Soil analysis of profile 5

Egli 2

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20µ	% 20 - 53µ	% 53-125µ	% 125-250µ	% 250 - 500µ	% 500 - 1000µ	% > 1000µ	USDA texture
Ap	0-15	21	77	14	9	8	6	12	15	23	20	6	sandy loam
Es	15-25	56	83	10	7	6	4	8	12	22	23	17	loamy sand
Ebs	25-46	75	79	12	10	6	5	9	11	22	26	12	sandy loam
Bts	46-83	88	43	16	41	9	7	4	3	9	13	13	clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
Ap	0-15	9.9	1.3	0.5	0.4	0.09	0.3	0.0	12.5	12.3	138	99	7.2	6.9
Es	15-25	5.4	0.7	0.1	0.3	0.06	0.7	0.0	7.3	8.2	110	80	7.2	6.6
Ebs	25-46	4.5	0.6	0.1	0.3	0.05	0.3	0.0	5.8	7.7	80	71	7.3	6.6
Bts	46-83	9.7	1.9	0.3	0.4	0.02	0.3	0.0	12.6	20.6	50	60	7.2	6.3

hor	depth (cm)	BrayI-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wcs	alpha	n	m	bulk	we_0.1bar	we_0.2bar	we_15bar
Ap	0-15	19.10	0.120	1.42	11.8	0.03	0.37	0.0924	1.38	0.27	1.33	0.17	0.15	0.05
Es	15-25	2.10	0.046	0.52	11.4	0.02	0.28	0.7498	1.21	0.18	1.62	0.12	0.11	0.06
Ebs	25-46	1.80	0.038	0.43	11.4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Bts	46-83	0.40	0.064	0.58	9.1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

## EGLI 3

### Soil Classification:

WRB: Stagni-Endogleyic Luvisol (Ferric. Endoleptic)  
 Soil Taxonomy (1998): Loamy Isohyperthermic Oxyaquic Haplustalf

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (23/4/98)

### Location:

Eglimé village (toposequence 1). Département du Mono. Benin  
 7° 4.0570' N. 1° 39.7680' E; Elevation: 185 m

### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in landscape: the site is located on the upper valley side on a 300 m long linear slope (4 percent)  
 Vegetation: cowpea. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist  
 Depth of groundwater level: >2 m  
 Drainage: moderately well drained

Internal drainage: medium  
Runoff: slow

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 57 cm  
Effective soil depth: 70 cm  
Human influence: cultivation (ridges)  
Soil fauna: termite burrows  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Yellowish brown loamy sand over sandy clay. hydromorphic below. having a crumby to massive structure and a well developed rooting system. A petroferic layer is present at 50 cm in part of the profile.

**Detailed soil description**

- Ap1** 0-16 cm Brownish black (10 YR 2/2) moist; loamy sand; friable; moderate fine granular structure; many fine and medium vesicular; interstitial and tubular pores; many fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- Ap2** 16-28 cm Greyish yellow brown (10 YR 4/2) moist; slightly gravelly loamy sand; friable; weak fine granular structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; 3 percent 5-15 cm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; 2 percent 10 mm angular white hard quartz gravels; many medium and coarse roots; clear smooth boundary.
- Bt** 28-44 cm Brown (10 YR 4/4) moist; sandy clay loam; slightly hard; structureless; common fine vesicular and tubular pores; common fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- Btgs1** 44-67 cm Brown (10 YR 4/4) moist; slightly gravelly sandy clay; common fine distinct clear bright reddish brown (5 YR 5/6) and bright brown (7.5 YR 5/8) mottles; very firm; structureless; common fine vesicular and interstitial pores; 5 percent 2-5 mm nodules; 2 percent 5-10 mm quartz gravels; common medium roots; gradual wavy boundary.
- Btgs2** >67 cm Brownish grey (10 YR 5/1) moist; very gravelly sandy clay; many medium distinct clear bright brown (7.5 YR 5/8) mottles; sticky. plastic; structureless; common fine vesicular and interstitial pores; 50 percent 2-15 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; few fine roots.

## Soil analysis of profile 6

Egli 3

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20μ	% 20 - 53μ	% 53-125μ	% 125-250μ	% 250 - 500μ	% 500 - 1000μ	% > 1000μ	USDA
%													
of fine fraction													
texture													
A1	0-16	1	80	11	9	4	7	15	18	25	19	3	loamy sand
A2	16-28	5	79	14	7	7	6	13	15	22	20	9	loamy sand
Bt	28-44	7	75	13	12	9	5	11	12	20	18	14	sandy loam
Btgs1	44-67	17	68	9	23	6	3	6	7	17	19	19	sandy clay loam
Btgs2	>67	83	54	7	39	4	3	4	5	12	14	19	sandy clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
cmol(+) / kg soil														
cmol+/kg clay														
A1	0-16	5.0	1.5	0.1	0.3	0.17	0.3	0.0	7.4	8.3	93	83	6.8	6.1
A2	16-28	3.7	0.9	0.1	0.3	0.13	0.3	0.0	5.4	6.8	92	73	6.5	5.9
Bt	28-44	3.5	1.1	0.2	0.4	0.06	0.7	0.0	6.0	7.5	64	69	6.6	5.2
Btgs1	44-67	6.3	3.2	0.2	0.4	0.02	0.3	0.0	10.4	14.6	62	69	6.5	4.9
Btgs2	>67	9.2	4.8	0.2	0.6	0.02	0.3	0.0	15.1	26.1	67	57	6.4	4.8

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wcs	alpha	n	m	bulk	we_0.1bar	we_0.2bar	we_15bar
m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>														
l/cm														
g/cm <sup>3</sup>														
m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>														
A1	0-16	1.40	0.070	1.04	14.8	0.05	0.42	0.0580	1.67	0.40	1.26	0.15	0.13	0.04
A2	16-28	0.70	0.045	0.63	14.0	0.05	0.36	0.0550	1.60	0.37	1.50	0.15	0.13	0.05
Bt	28-44	0.20	0.037	0.48	13.0	0.08	0.34	0.0552	1.59	0.37	1.54	0.17	0.15	0.08
Btgs1	44-67	0.30	0.039	0.36	9.4	0.07	0.37	0.1197	1.22	0.18	1.53	0.23	0.22	0.13
Btgs2	>67	0.10	0.041	0.47	11.4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

## EGLI 4

### Soil Classification:

WRB: Luvi-gleyic Phaeozem (Endoskeletal. Endostagnic)

Soil Taxonomy (1998): Clayey-skeletal Isohyperthermic Aquic Argiustoll

**Authors:** E. Mathé and A.M. Igué (23/4/98)

### Location:

Eglimé village (toposequence 1). Département du Mono. Benin

7° 4.0145' N. 1° 39.9817' E; Elevation: 175 m

### Land system:

Parent material: Migmatite (Basement Complex)

Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)

Position in landscape: the site is located on the lower valley side on a 300 m long linear slope (1 percent).

Vegetation: maize. cowpea. oil palm. mango trees

Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: moist

Depth of groundwater level: >2 m

Drainage: imperfectly drained

Internal drainage: medium  
Runoff: medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
Water erosion: sheet erosion. class 1

Other features:

Root distribution: up to 35 cm  
Effective soil depth: 50 cm  
Human influence: cultivation  
Soil fauna: termite burrows. insect nests  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief soil description:**

50 cm of black to dark brown sandy loam over dark greyish yellow clay. gravelly below 18 cm. moderately developed granular structure near the surface and well developed subangular blocky below; well developed rooting system in the upper 50 cm.

**Detailed soil description**

- Ap1** 0-18 cm Black (10 YR 2/1) moist; sandy loam to sandy clay loam; friable; moderate fine to medium granular structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; common fine. medium and coarse roots; gradual smooth boundary.
- Ap2** 18-33 cm Brownish black (10 YR 3/2) moist; slightly gravelly sandy clay loam; friable; moderate fine to medium granular structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; 5 percent 2-5 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; common fine. medium and coarse roots; clear smooth boundary.
- AB** 33-50 cm Dark brown (10 YR 3/3) moist; very gravelly sandy clay; friable; weak medium subangular blocky; common vesicular and interstitial pores; 50 percent 2-5 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; 20 percent 10-50 mm angular yellow hard quartz gravels; few fine roots; clear wavy boundary.
- Btg** 50-75 cm Dark greyish yellow (2.5 Y 4/2) moist; gravelly clay; firm when dry; structureless; few very fine and fine interstitial and tubular pores; 15 percent 10-50 mm angular white-yellow hard quartz gravels; few very fine roots.
- C** >75 cm Olive black (5 Y 3/2) moist; very gravelly clay; very firm; structureless; 50 percent 1-50 mm angular white-yellow hard quartz gravels.

## Soil analysis of profile 7

Egli 4

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20µ	% 20 - 53µ	% 53-125µ	% 125-250µ	% 250 - 500µ	% 500 - 1000µ	% > 1000µ	USDA texture
A1	0-18	3	77	9	14	6	3	16	16	17	17	11	sandy loam
A2	18-33	7	79	8	13	5	3	10	13	16	19	21	sandy loam
ABc	33-50	78	66	9	25	6	4	4	4	10	13	36	sandy clay loam
Btg	50-75	71	37	17	47	10	7	7	6	6	8	10	clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
A1	0-18	6.3	2.0	0.3	0.2	0.10	0.3	0.0	9.2	11.2	81	78	6.4	5.2
A2	18-33	4.8	2.0	0.1	0.4	0.04	0.7	0.0	8.0	10.6	80	69	6.1	4.8
ABc	33-50	7.8	4.0	0.2	0.7	0.02	0.3	0.0	13.0	18.1	73	70	6.8	4.9
Btg	50-75	16.1	8.3	0.3	1.9	0.00	0.3	0.0	26.9	29.9	64	89	7.4	5.7

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	wcs	alpha 1/cm	n	m	bulk g/cm <sup>3</sup>	we_0.1bar [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	we_0.2bar	we_15bar
A1	0-18	13.40	0.072	0.97	13.5	0.06	0.36	0.0445	1.44	0.31	1.48	0.20	0.17	0.07
A2	18-33	1.30	0.047	0.37	7.7	0.04	0.38	0.0650	1.34	0.26	1.45	0.21	0.18	0.07
ABc	33-50	1.10	0.070	0.81	11.6	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Btg	50-75	0.10	0.043	0.44	10.4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

## EGLI 5

### Soil Classification:

WRB: Eutri-Endocalcari Gleysol ? (Epicalcaric-Mollic Cambisol)  
 Soil Taxonomy (1998): Clayey-skeletal Isohythermic Fluvaquentic Endoaquoll

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (22/4/98)

### Location:

Eglimé village (1 km north of Lagbave. toposequence 2). Département du Mono. Benin  
 7° 4.0632' N. 1° 40.2030' E; Elevation: 170 m

### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in landscape: the site is located on the lower valley side on a 200 m long linear slope (3 percent).  
 Vegetation: maize. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3 °C

### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: entire profile moist  
 Depth of groundwater level: >2 m  
 Drainage: imperfectly drained  
 Internal drainage: medium  
 Runoff: slow to medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none

Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 60 cm

Effective soil depth: 85 cm

Human influence: cultivation

Soil fauna: termite burrows. insect nests

Surface sealing and crusting: none

Surface cracking: none

**Brief soil description:**

Brown clay with calcareous nodules from a depth of 30 cm onwards. with moderately developed polyedric subangular structure. overlaying weathering rock at 80 cm depth. Presence of slickensides and cracks.

**Detailed soil description**

- Ap1** 0-8 cm Brownish black (10 YR 3/1) moist; clay loam. friable when moist; moderate fine to medium granular; many fine vesicular and tubular pores; common fine. medium and coarse roots; clear smooth boundary.
- Ap2** 8-17 cm Brownish black (10 YR 3/1) moist; loamy clay. fine; strong medium to coarse subangular blocky; common fine and medium vesicular. interstitial and tubular pores; common fine. medium and coarse roots; gradual smooth boundary.
- Bwg1** 17-32 cm Brownish grey (10 YR 4/1) moist; slightly gravelly clay; very fine; strong medium to coarse subangular blocky ; common fine and medium vesicular. interstitial and tubular pores; 10 percent 2-10 mm angular red-black hard Fe/Mn nodules; 5 percent 2-10 mm angular yellow hard quartz gravels ; common medium and coarse roots; clear smooth boundary.
- Bwg2** 32-48 cm Grey (5 Y 4/1) moist; slightly gravelly clay; extremely firm; strong coarse subangular blocky; few fine vesicular pores; 5 percent 2-10 mm irregular white hard CaCO<sub>3</sub> nodules; few fine and medium roots; clear smooth boundary.
- Bwg3** 48-83 cm Grey (5 Y 5/1) moist; slightly gravelly clay; extremely firm; strongly developed coarse subangular blocky; few fine vesicular pores; 10 percent 5-10 mm irregular white hard CaCO<sub>3</sub> nodules; few fine and medium roots; clear smooth boundary.
- Cg** > 83 cm Light grey (10 Y 7/2) moist; yellowish brown (2.5 Y 6/8) mottles; gravelly clay; 40 percent 2-5 mm red round quartz gravels; 1 percent 2-5 mm red Fe/Mn nodules.

## Soil analysis of profile 8

Egli 5

hor.	depth (cm)	% stones	%sand	%silt	%clay	% 2 - 20 $\mu$	% 20 - 53 $\mu$	% 53-125 $\mu$	% 125-250 $\mu$	% 250 - 500 $\mu$	% 500 - 1000 $\mu$	% > 1000 $\mu$	USDA
													texture
Ap1	0-8	0	60	15	25	9	6	10	14	11	12	12	sandy clay loam
Ap2	8-17	0	58	19	23	11	7	11	17	13	13	5	sandy clay loam
Bwg1	17-32	25	60	13	27	8	6	9	12	10	11	18	sandy clay loam
Bwg2	32-48	32	45	18	37	11	7	7	10	9	9	9	clay loam
Bwg3	48-83	40	46	14	40	6	7	8	10	9	9	10	sandy clay

hor	depth (cm)	Ca	Mg	Na	K	Mn	Exch.Ac	Exch.Al	ECEC	CEC	CEC/clay	%BaseSat	pH H2O	pH KCl
											cmol(+)/kg soil		cmol+/kg clay	
Ap1	0-8	15.6	4.6	0.5	0.4	0.15	0.3	0.0	21.5	33.4	132	63	7.1	6.4
Ap2	8-17	13.7	4.2	0.3	0.4	0.07	0.7	0.0	19.4	23.5	102	79	6.6	5.6
Bwg1	17-32	13.4	4.5	0.2	0.4	0.02	0.7	0.0	19.2	27.0	100	69	6.9	5.6
Bwg2	32-48	22.1	6.5	0.3	0.4	0.01	0.7	0.0	30.0	30.8	83	95	8.0	7.6
Bwg3	48-83	25.4	8.3	0.3	0.5	0.00	0.7	0.0	35.2	29.6	74	116	8.0	7.7

hor	depth (cm)	Brayl-P (mg/kg)	%totN	%totC	C/N	wcr	wes	alpha	n	m	bulk	we_0.1bar	we_0.2bar	we_15bar
						m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		1/cm		g/cm <sup>3</sup>		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
Ap1	0-8	10.60	0.128	1.88	14.8	0.00	0.43	0.0485	1.19	0.16	1.29	0.30	0.28	0.09
Ap2	8-17	1.50	0.079	1.26	15.8	0.00	0.40	0.0142	1.20	0.17	1.44	0.33	0.31	0.14
Bwg1	17-32	0.70	0.048	0.56	11.7	0.00	0.34	0.0143	1.20	0.16	1.58	0.29	0.27	0.10
Bwg2	32-48	1.50	0.032	0.30	9.4	0.00	0.37	0.0017	1.41	0.29	1.58	0.35	0.34	0.11
Bwg3	48-83	1.10	0.023	0.41	17.6	0.16	0.40	0.0009	2.08	0.52	1.57	0.40	0.39	0.17

### EGLI 7

#### Soil Classification:

WRB: Endoskeleti-Arenic Regosol (Eutric)  
 Soil Taxonomy (1998): Sandy Isoperthermic Typic Ustorthent

**Authors:** A.M. Igué and E. Mathé (24/4/98)

#### Location:

Eglimé main village (toposequence 3). Département du Mono. Benin  
 7°5.1236' N. 1°40.7640E ; Elevation: 160m

#### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
 Position in land system: the site is located on the upper valley side on a 300m long linear slope (5 percent)  
 Vegetation: maize. cassava. oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3°C

#### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: entire profile moist  
 Depth of groundwater level: > 2m  
 Drainage: somewhat excessively drained

Internal drainage: rapid  
Runoff: slow to medium

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: less than 2 percent of area covered with rock outcrops (35-100 m apart)

Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 50cm  
Effective soil depth: 90cm  
Human influence: cultivation  
Soil fauna: krotovines. insect nests  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief description:**

yellowish brown sand over sandy clay loam. gravelly. very porous and weakly structure. overlaying weathering rock (saprolite) at 90cm.

**Detailed soil description**

- Ap1** 0–15 cm Brownish black (10 YR 2/2) moist; loamy sand ; friable; weak fine granular; many fine interstitial and tubular pores; common fine and medium roots ; gradual smooth boundary.
- Ap2** 15–28 cm Dull yellowish brown (10 YR 4/3) moist; slightly gravelly sand ; friable ; weak fine granular; many fine interstitial and tubular pores ; 2 percent 2–10 mm angular hard quartz gravel; common fine roots ; clear smooth boundary.
- BE** 28–57 cm Brown (7.5 YR 4/4) moist; slightly gravelly sand; friable; structureless; many fine vesicular ; interstitial and tubular pores ; 10 percent 2-10 mm angular yellow white hard stones ; medium and clear boundary.
- Bcs** 57–80 cm Bright reddish brown (5 YR 5/6) moist; very gravelly loamy sand ; friable; weak medium subangular blocky; many fine interstitial and tubular pores ; 50 percent 5-15 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules ; 10 percent 5-10 mm angular yellow hard quartz gravels; few very fine and coarse roots; clear and wavy boundary.
- Btcs** 80–90 cm Reddish brown (2.5 YR 4/6) moist; gravelly sandy clay loam ; friable ; moderate medium subangular blocky; many fine. medium and coarse vesicular. interstitial and tubular pores ; few very fine roots ; patchy thin clay/Fe/Al cutans on pores and root channels ; 50 percent 5–15 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules ; 10 percent 5-10 mm angular yellow hard quartz gravels; clear and wavy boundary.
- C** > 90 cm Saprolite.

### Soil analysis of profile 9 (Egli 7)

Horizon	Lower Depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>tot</sub> (%)	PH (H <sub>2</sub> O)	Ca cmol/Kg soil	Mg cmol/Kg clay	Na cmol/Kg clay	K (%)	CEC	CEC/clay	BS
A1	15	7	84	12	4	ls	0.58	6.5	2.5	1.2	0.0	0.2	3.3	78	122
A2	28	15	85	9	5	ls	0.36	6.5	1.8	0.4	0.0	0.1	2.4	46	97
B	57	20	82	12	6	ls	0.21	6.7	1.4	0.4	0.0	0.1	2.4	40	83
Bc1	80	41	86	9	5	ls	0.18	6.8	1.2	0.5	0.0	0.1	2.4	46	77
Bc2	90	58	77	8	15	sl	0.18	6.2	1.6	0.9	0.0	0.1	4.8	31	56

### EGLI 8

#### Soil Classification:

WRB: Eutri-Endogleyic Fluvisol  
 Soil Taxonomy (1998): Coarse-loamy Isohyperthermic Aquic Ustifluent

Authors: A.M. Igué and E. Mathé (24/4/98)

#### Location:

Eglimé main village (toposequence 3). Département du Mono. Benin  
 7°4.9216' N. 1°40.9898E ; Elevation: 140m

#### Land system:

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
 Physiography: Undulating peneplain with steepest slopes between 2 and 8 percent  
 Position in landscape: the site is located on the valley bottom on a 150m long linear slope (2 percent)  
 Vegetation: maize. cowpea. cassava and oil palm  
 Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3°C.

#### Moisture regime:

Moisture condition at the time of examination: entire profile moist  
 Depth of groundwater level: > 2m  
 Drainage: poorly drained  
 Internal drainage: very slow  
 Runoff: slow

#### Surface features:

Presence of surface stones or rock outcrops: no outcrops (35-100m apart)  
 Water erosion: sheet erosion. class 1

#### Other features:

Root distribution: up to 35cm  
 Effective soil depth: 100cm  
 Human influence: cultivation  
 Soil fauna: insect nests  
 Surface sealing and crusting: none  
 Surface cracking: none

**Brief description:**

Deep brownish grey loamy sand over greyish yellow brown sandy clay loam. showing clear bright brown mottles below 50m. Granular structure near the surface. angular blocky below. Roots present up to 35cm.

**Detailed soil description:**

- Ap1** 0–17 cm Brownish black (10 YR 3/1) moist; few small faint sharp bright brown (7.5 YR 5/8) mottles. loamy sand. friable; weak fine granular; many fine vesicular and interstitial pores; many fine and medium roots ; gradual smooth boundary.
- Ap2** 17–29 cm Brownish grey (10 YR 4/1) moist; common small distinct clear bright brown (7.5 YR 5/8) mottles; loamy sand; friable; moderate medium granular; many fine and medium vesicular and tubular pores ; many fine and medium roots ; gradual and wavy boundary.
- Cgt** 29–52 cm Dull yellowish brown (10 YR 4/3) when moist. sandy loam ; many medium distinct clear greyish brown (7.5 YR 4/2) mottles. friable when moist ; moderately developed; medium subangular blocky structure ; many fine medium and coarse vesicular and tubular pores ; common fine and medium roots; clear wavy boundary.
- Cg2** 52–68 cm Greyish yellow brown (5 YR 5/6) moist; many medium distinct clear greyish brown (7.5 YR 4/2) and bright brown (7.5 YR 5/2) mottles; sandy clay loam ; firm; moderate coarse subangular blocky; common fine and medium vesicular and tubular pores ; few fine roots ; clear smooth boundary.
- Cg3** 68– 83 cm Greyish yellow brown (10 YR 4/2) moist; distinct clear brown (7.5 YR 4/4) mottles; gravelly sandy clay loam; firm; structureless ; common fine and medium vesicular and interstitial pores; 10 percent 2–10 mm irregular red/black hard Fe/Mn nodules ; 5 percent 5-10 mm angular yellow hard quartz gravels ; clear and smooth boundary.
- Cg4** 83–100 cm Greyish yellow brown (10 YR 5/2) moist; abundant coarse distinct clear bright brown (7.5 YR 5/6); mottles; sandy clay; firm; structureless. massive; common fine and medium vesicular and tubular pores.

**Soil analysis of profile 10 (Egli 8)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ap1	17	2	80	9	11	sl	0.69	6.5	3.1	1.3	0.0	0.2	5.1	46	92
Ap2	29	4	86	8	7	ls	0.27	6.1	1.4	0.6	0.0	0.1	0.2	3	178?
Cg1	52	7	81	13	6	ls	0.24	6.3	1.6	0.6	0.0	0.1	2.8	45	83
Cg2	68	10	71	15	14	sl	0.23	6.3	2.6	1.3	0.0	0.1	5.6	40	72
Cg3	83	27	76	7	17	sl	0.21	6.5	3.1	2.7	0.0	0.2	7.1	43	84
Cg4	100	21	74	7	19	sl	0.17	6.6	3.9	2.1	0.0	0.2	9.6	51	66

**EGLI 9****Soil Classification:**

WRB: Epigleyi-bathipetrolithic Arenosol (Eutric)  
Soil Taxonomy (1998): Isohyperthermic Aquic Ustipsamment

Authors: A.M. Igué and E. Mathé (6/5/98)

**Location:**

500m south of Kocouhoué. Eglimé area (toposequence 3). Département du Mono. Benin  
7°3.571' N. 1°41.124E ; Elevation: 170m

**Land system:**

Parent material: Gneiss (Basement Complex)  
Physiography: Undulating peneplain (steepest slopes between 2 and 8 percent)  
Position in land system: the site is located on the upper valley side on a 500 m long linear slope (2 percent).  
Vegetation: maize and oil palm  
Climate: Subhumid Tropical with bimodal rainfall (1084 mm per annum) and average temperature 27.3°C.

**Moisture regime:**

Moisture condition at the time of examination: entire profile moist  
Depth of groundwater level: 100 cm  
Drainage: excessively drained  
Internal drainage: rapid  
Runoff: very slow

**Surface features:**

Presence of surface stones or rock outcrops: none  
Water erosion: sheet erosion. class 1

**Other features:**

Root distribution: up to 100 cm  
Effective soil depth: 100 cm  
Human influence: cultivation  
Surface sealing and crusting: none  
Surface cracking: none

**Brief description:**

Greish brown loamy sand with hydromorphic mottles. moderately well structured. very porous and well developed rooting system on petroferic layer at 100 m.

**Detailed soil description:**

**Ah** 0–6cm Black (10YR2/1) when moist, loamy sand; friable when moist; weakly developed fine granular structure; many fine and medium vesicular and tubular pores; many very fine and medium roots; clear smooth boundary.

- ABg** 16–32cm Brownish black (10 YR 3/2) when moist, loamy sand; few medium faint clear brown (7.5 YR 4/6) mottles; friable when moist; moderately developed medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and interstitial pores; many fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- ABg1** 32–58cm Dull yellowish brown black (10 YR 5/2) when moist, slightly gravelly. loamy sand; many medium distinct clear bright brown (7.5 YR 5/6) mottles; friable when moist; weakly developed to medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and interstitial pores; many fine and medium roots; gradual smooth boundary.
- ABg2** 58–80cm Greyish yellow brown (10 YR 5/2) when moist, slightly gravelly loamy sand; many medium distinct clear bright brown (7.5 YR 5/6) mottles; friable when moist; weakly developed fine to medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and interstitial pores; 5% 5-15 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; many fine and medium roots; gradual wavy boundary.
- Bg2** 80–100cm Greyish yellow brown (10 YR 6/2) when moist, gravelly sandy loam; many medium distinct clear bright brown (7.5 YR 5/6) mottles; friable when moist; weakly developed. fine to medium subangular blocky structure; many fine and medium vesicular and interstitial and tubular pores; 20% 5-15 mm irregular red-black hard Fe/Mn nodules; few fine and medium roots; gradual wavy boundary.
- Bsm** > 100cm Petroferric layer.

### Soil analysis of profile 11 (Egli 9)

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na cmol/Kg soil	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ah	16	1	86	7	7	ls	0.87	6.9	3.7	1.1	0.0	0.3	4.6	66	114
ABg	32	2	88	6	7	ls	0.41	6.7	2.2	0.6	0.0	0.1	2.8	42	104
ABg1	58	4	88	8	4	s	0.19	6.7	1.3	0.2	0.0	0.1	1.7	39	93
ABg2	90	5	88	7	5	s	0.1	6.8	0.9	0.2	0.0	0.1	1.8	37	63
ABg3	100	8	89	7	4	s	0.1	6.7	0.7	0.2	0.0	0.1	1.9	54	51

### DAIG M 1

#### Classification:

FAO: Arénosol gleyique

CPCS: Sol sableux hydromorphe

Prospection: BENSOTER  
 Date de la description: 12/05/97  
 Auteur: A.M. Igué  
 Localisation: Tagui à 100 m de la colline  
 Altitude: 180 m  
 Géomorphologie: Vallée entre collines  
 Pente: quasi nulle (1 %)  
 Végétation: Savane arbustive  
 Utilisation du sol : Culture maïs. manioc. manguier.

**Informations générales:**

Roche-mère: Colluvions  
 Drainage: légèrement excessif  
 Erosion: en nappe  
 Influence humaine: labour

**Description des horizons:**

- Ap** 0-20 cm Brun foncé (7.5 YR 3/2); sable fin limoneux; structure faiblement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; assez nombreuses racines; transition distincte et régulière.
- Bg1** 20-38 cm Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) ; taches 20 percent brun foncé (7.5 YR 3/2). sable fin limoneux; structure faiblement développée polyédrique subangulaire; friable très poreux; assez nombreuses racines; transition distincte et régulière
- Bg2** 38-86 cm Brun foncé à frais (10 YR 5/2); taches 40 percent brun foncé (7.5 YR 4/4); sable fin; structure moyennement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; peu nombreuses racines ; transition graduelle et régulière.
- Bg3** 86-120 cm Brun foncé (10 YR 5/2) taches brun foncé (10 YR 3/3) sable fin; structure massive; peu ferme; très poreux; rares racines

**Résultats analytiques: profil 12 (Daig M1)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na cmol/Kg soil	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ap1	20		75,58	15,18	7,40	SI/LS	0,99	6,2	3,42	0,77	0,09	0,33	5,05	22	92
Ap2	38		77,88	15,92	4,79	SI	0,28	5,9	0,99	0,31	0,06	0,15	2,80	48	54
Bw1	86		82,92	13,16	2,76	SI		6,4	0,55	0,19	0,16	0,21	2,00	72	56
Bw2	120		73,96	13,18	5,03	SI		6,0	0,82	0,20	0,20	0,29	2,15	43	70

**DAIG M 2**

**Classification:**

FAO: Solonetz verti-stagnique  
 CPCS: Sol gris argileux alcalin

Prospection: BENSOTER  
 Date de la description: 12/05/97  
 Auteurs: A.M. Igue & Offi  
 Localisation: entre Tagui et Volontaire.  
 Altitude: 160 m position  
 Géomorphologie: pénéplaine  
 Pente: 1 pour cent  
 Végétation: Savane  
 Utilisation du sol: anacardiens, niébé, piment, arachide, manioc;

**Informations générales:**

Roche-mère: gneiss à amphibolite  
 Drainage: pauvre / imparfait  
 Etat hydrique du sol: frais  
 Profondeur de la nappe phréatique: non visible  
 Traces d'érosion: en nappe  
 Influence humaine: plantation

**Description des horizons:**

**Ap1** 0 - 15 cm Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2); sable limoneux. grumeleux; friable; très poreux; nombreuses racines; transition ondulée.

**AE15–20 /36 cm** Brun foncé (10 YR 3/3); sable limoneux; structure moyennement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; nombreux nodules et concrétions Fe-Mn; assez nombreuses racines; transition ondulée et discontinue.

**Bgn1** 20/36–40/50 cm Brun grisâtre (2.5 YR 5/2) ; taches (10 YR 5/2) ; argile ; structure en colonnette et prismatique; peu nombreuses concrétions Fe-Mn ; transition distincte et irrégulière

**Bgn2** 40/50-75 cm Brun olive (2.5 Y 5/4) argile; structure massive; transition graduelle

**BCn** 75 - 110 cm Brun olive clair (2.5 YR 5/4); argile; structure massive; débris de roche.

**Résultats analytiques: profil 13 (Daig M2)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ap1	15	7	59	27	11	LS	0.98	6.5	1.9	1.3	0.4	0.2	6.1	3	61
AE	20	9	67	18	12	LS	0.61	6.6	1.2	1.1	0.6	0.1	6.8	7	43
Bgn1	40	30	45	26	28	LAS	0.67	7.3	1.6	4.6	3.9	0.2	12.7	28	80
Bgn2	75	45	25	30	45	A		8.7	3.9	13.1	9.5	0.4	21.2	59	100
BCn	120	44	26	25	50	A		8.7	2.8	14.1	10.7	0.4	24.0	56	100

**DAIG M 3****Classification:**

FAO: Lixisol ferrique (Lixisol plinthique)

CPCS : Sol rouge gravillonnaire

Prospection: BENSOTER  
 Date de la description: 12/05/97  
 Auteur: A.M. Igué  
 Localisation: 1.8 km de Erokoari vers Itagui  
 Altitude: 170 m  
 Géomorphologie: interfluve – versant (High peneplain)  
 Pente: 2-3 pour cent

Végétation: savane  
Utilisation du sol: maïs. anacardiens. manguiers.

**Informations générales:**

Roche-mère: migmatite.  
Drainage: modéré à normal  
Etat hydrique du sol: frais  
Profondeur de la nappe phréatique: non visible  
Traces d'érosion: en nappe

**Description des horizons :**

**Ap** 0–12/30 cm Brun foncé (7,5 YR 3/4). sable fin-limoneux; structure faiblement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; sans gravillons; transition distincte et irrégulière.

**BEc** 12/30–32/40 cm Rouge jaunâtre (5 YR 4/6). sable fin limoneux; structure autour des gravillons; friable; très poreux; 60 pour cent de concrétions Fe -Mn et quartz; transition distincte et régulière.

**Btcs1** 32/40-60 cm Rouge (2,5 YR 4/6). limon-argilo-sableux à argile sableuse; structure massive; 60 à 80 pour cent de concrétions Fe-Mn et quartz; transition distincte et régulière.

**Btcs2** 60- 20 cm Carapace; argile sableuse; massive avec structure de la roche et débris de roche; nodules Fe- Mn et quartz 60-80 pour cent.

**Résultats analytiques: profil 14 (Daig M3)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>org</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ap	12	27	78	15	5	LS	0.43	6,2	3,1	0,9	0,1	0,6	4,9	68	97
AB	32	82	67	12	12	LS	0.39	6,2	2,1	0,8	0,2	0,6	4,1	23	90
Bts	54	93	49	34	34	SL		6,8	4,1	2,1	0,2	0,5	14,8	44	46
Btc	80	26	67	21	21	LAS		6,6	2,8	1,6	0,2	0,5	9,6	46	53
BCc	120	80	60	26	26	LAS		6,4	3,8	2,2	0,2	3,6	13,2	51	74

**DAIG M 5**

**Classification:**

FAO: Cambisol gleyique  
CPCS: Sol brun argileux eutrophe hydromorphe

Prospection: BENSOTER  
Date de la description: 16/04/1997  
Auteurs: A.M. Igué et Offi  
Localisation: entre Ekokoari et colline Sozoun  
Altitude: 160 m  
Géomorphologie: bas de pente de colline  
Pente: 2 à 3 pour cent  
Végétation: savane arbustive. pâturage  
Utilisation du sol: coton. pâturage

**Informations générales:**

Roche-mère: basalte  
 Drainage: imparfait  
 Profondeur de la nappe phréatique: non visible  
 Traces d'érosion: en nappe

**Description des horizons:**

- 0 - 20 cm Brun jaunâtre foncé (10 YR 3/3) et (2.5 YR 3/4). taches 10 pour cent; limon sableux; structure moyennement développée polyédrique subangulaire; friable; très poreux; nombreuses fines racines; transition distincte et régulière.
- 20 - 32 cm Brun jaunâtre (10 YR 5/4). taches 10 pour cent (5 YR 3/3); limon argilo-sableux; structure moyennement développée polyédrique subangulaire; friable; assez nombreux pores de toutes tailles; nombreuses fines et moyennes racines; transition distincte et régulière.
- 32 - 52 cm Brun olive (2,5 YR 4/4). taches 40 pour cent (5 YR 4/8); argile; structure massive. faiblement polyédrique subangulaire; très ferme; peu poreux; peu nombreuses racines; transition distincte et régulière.
- 52 - 100 cm Brun olive (2,5 YR 4/4). argile; petites concrétions ferromanganiques 10 pour cent. structure massive; très ferme; peu poreux; rares racines; petites concrétions ferromanganiques 10 %.

**Résultats analytiques: profil 15 (Daig M5)**

Horizon	Lower depth	Stone (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text class	C <sub>tot</sub> (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na cmol/Kg soil	K	CEC	CEC/clay cmol/Kg clay	BS (%)
Ah	20	4	69	23	8	LS	0,57	7,2	2,6	0,8	0,2	0,2	5,3	66	73
Abg	32	6	53	23	23	LAS	0,50	6,8	4,2	1,7	0,7	0,2	11,0	48	62
Bwg	52	8	34	27	39	LS	0,46	6,8	7,2	3,2	1,5	0,2	19,4	50	62
CBwg	100	11	29	22	48	LS		7,3	11,9	1,7	2,9	0,5	27,8	58	72

**BJCS6****Classification:**

FAO: Cambisol sodi-vertique  
 CPCS: Sol brun eutrophe tropical peu évolué ; vertique

Auteurs: A.M. Igue et G.Ch. Gnangoli  
 Position: 7 52' .708 Long-2° 06' .749 Lat.  
 Localisation: dans la teckeraie. à 100 m environ de la colline sur l'axe Dassa – Logozohè à 2 km avant Logozohè.  
 Roche-mère: roche basique (microsyénite avec amphibole et microcline ou gabbros quartzifères).  
 Géomorphologie: haut de versant.  
 Hydrologie: profil à drainage modéré.  
 Pédologie: couverture discontinue. sol brun eutrophe peu évolué.  
 Climat: subéquatorial avec influence du climat du type soudano-guinéen.

Température: moyenne annuelle: 27°C; pluviométrie: 1200 mm

Végétation et occupation humaine: teckeraie

**Aptitude culturale:**

Ce sont des sols très riches chimiquement qui présentent en outre des propriétés physiques excellentes dues à une argile à très bonne structure. Les teneurs en eau compensent largement la faible profondeur d'utilisation du sol par les racines. Ces sols conviendraient à toutes les cultures exigeantes en eau.

**Description synthétique:**

Sol brun limoneux sableux sur argile brune à brun olive. à structure polyédrique à massive. contenant des concrétions noires (plomb de chasse) et des nodules calcaires de 1 à 3cm de diamètre ; apparition de la roche à 160 cm.

**Description morphologique:**

**A11** 0 – 12cm Horizon brun foncé 10 YR 2/2 à l'état frais; limon; structure grumeleuse fine et moyenne; meuble; très nombreux pores très fins et fins; très nombreuses racines fines et moyennes; peu nombreuses grosses racines; activité biologique intense; transition distincte et régulière.

**A12** 12–40cm Horizon brun grisâtre 10 YR 4/2 à l'état frais; argile ; structure polyédrique subangulaire à cubique. peu nombreux pores très fins. fins et moyens; assez nombreuses racines de toutes tailles; peu nombreuses concrétions ferromanganifères. et peu nombreux graviers de quartz; activité biologique assez intense; transition distincte et progressive.

**(B)** 40–80cm Horizon brun grisâtre foncé 2.5 Y 4/2 à l'état frais; argile; structure massive à polyédrique subangulaire; peu nombreux pores très fins et fins; peu nombreuses concrétions (ou plomb de chasse). et peu nombreux graviers de quartz ; activité biologique peu intense; transition distincte et progressive.

**Ckc** 80– 60cm Horizon brun olive foncé 2.5 Y 4/4 à l'état frais; argile d'altération ; structure massive et compacte; peu nombreux nodules calcaires ou blancs. et peu nombreuses concrétions noires; activité biologique peu intense; transition distincte et irrégulière.

160– 190cm Horizon roche en voie d'altération.

**Résultats analytiques : profil 16 (BJCS6)**

Horizon	<b>A11</b>	<b>A12</b>	<b>Bw</b>	<b>C kc</b>
Profondeur cm	0-12	12-40	40-80	80-160
Refus % (2 mm)	0,6	2,6	3,1	1,2
0 - 2 µ %	11,87	49,85	53,23	54,76
2 - 20 µ %	15,49	17,71	17,14	18,62
20 - 50 µ %	26,51	14,12	12,08	12,81
50 - 200 µ %	36,22	11,38	7,70	8,27
200 - 2000 µ %	9,21	5,79	5,25	5,35

Humidité	-	-	-	-
pF 2,5	20,3	44,3	48,4	-
pF 4,2	9,7	28,3	30,4	-
Eau utile	10,6	16,0	18,0	-
C %	1,43	0,74	0,41	-
N %	0,107	0,063	0,042	-
C/N	13,4	11,7	9,8	-
M.O %	2,47	1,28	0,71	-
pH eau (1/2,5)	7,2	7,4	8,7	9,2
pH KCl (1/2,5)	5,7	5,5	6,8	7,2
Ca ++ éch. méq/100g	6,73	10,67	11,85	16,97
Mg++ éch. méq/100g	4,13	13,48	14,97	16,81
K- éch. méq/100g	0,43	0,55	0,54	0,45
Na- éch. méq/100g	0,41	2,89	4,13	5,61
Somme cations	11,70	27,59	31,49	39,84
CEC méq/100g	12,00	29,00	20,45	30,70
CEC Argile (méq)	59	53	36	56
% V = ST x 100	98	92	100	100
P. ass. Truog ppm	7	2	2	3
ESP %	3	10	20	18

## BJCS 7

### Classification:

FAO: Gleysol verti-eutrique

CPCS: Sol hydromorphe peu humifère à pseudogley

Auteurs:	Igue. A.M.; Gngangoli. G. Ch.
Localisation:	1,3 km de l'axe Dassa-Logozohè en allant vers Glazoué
Roche-mère:	roche basique (microsyénites avec amphiboles ou gabbros quartzifères)
Géomorphologie:	bas de versant de la colline de Logozohè sur une pente de 2 pour cent
Hydrologie:	profil à drainage mi-parfait
Pédologie:	couverture pédologique discontinue. sol hydromorphe à pseudogley
Climat:	subéquatorial avec influence du climat du type soudano-guinéen ;
Température:	moyenne annuelle 27° C; pluviométrie 1200 mm
Végétation:	savane arbustive a <i>Pteurocarpus</i> . <i>Terminalia</i> . <i>Combretum</i> . <i>Tectona</i>

### Aptitude culturale:

Ces sols conviennent très bien pour les plantes supportant un engorgement partiel (bananier, riz, maïs). De plus la présence de limon en fait des terres faciles à cultiver.

### Description synthétique:

Sol brun jaunâtre. limon sableux sur argile concrétionnée et blanchie à mi-profondeur avec d'assez nombreuses taches ocre-rouille à rouges démarrant après les 12 premiers centimètres. l'horizon argileux de profondeur contient des nodules de calcaire et des concrétions en forme de plomb de chasse.

**Description morphologique:**

- Ah1** 0 - 5 cm Horizon brun foncé (10 YR 3/3) à l'état frais. limon sableux ou sable fin limoneux. structure faiblement développée polyédrique subangulaire. fin à moyen; meuble. très nombreux pores. très fins et fins et peu nombreux moyens pores; nombreuses racines très fines et fines; peu nombreuses moyennes racines; activité biologique peu intense. nids de fourmis; transition distincte et régulière.
- Ah2** 5-12 cm Horizon brun olive clair (2,5 Y 5/4) à l'état frais. à brun jaunâtre clair (10 YR 6/4); limon sableux. friable; structure faiblement développée polyédrique subangulaire. fin à moyen. très nombreux pores très fins et fins et nombreux moyens pores; assez nombreuses fines et moyennes racines. activité biologique assez intense. nids de fourmis ; transition distincte et régulière.
- Bg** 12-32 cm Horizon brun jaunâtre clair (2,5 Y 6/4). peu nombreuses taches ocre rouille (7,5 YR 5/6) devenant assez nombreuses à la base de l'horizon. fines (2 mm). distinctes et assez nettes; limon argileux. structure moyenne développée polyédrique subangulaire; friable. nombreux pores très fins et fins. et peu nombreux moyens pores; assez nombreuses fines et moyennes racines et quelques grosses racines. très peu nombreux nodules ferrugineux; activité biologique intense. krotovines. galeries de fourmis. racines pourries; transition distincte et ondulée.
- Bgcs** 32–58 cm Horizon blanchi ou gris clair (10YR 7/2) à l'état frais. assez nombreuses taches ocres (7,5YR 5/8) fines à moyennes. distinctes. assez nettes; argile sableuse; structure moyennement développée polyédrique subangulaire. fin à moyen. peu collant; assez nombreux pores fins et moyens; assez nombreuses racines fines à moyennes et quelques grosses racines. très nombreuses concrétions à patines. ferro-manganifères petites à grosses. dures. de couleur rouge noirâtre; activité biologique peu intense; quelques galeries de fourmis; transition distincte et ondulée.
- Bg** 58–70 cm: Horizon gris brunâtre clair ( 2,5Y 6/2). nombreuses taches rouges (2,5YR 4/6) fines. distinctes. assez nettes; argile; structure massive à débit polyédrique. peu collant à l'état humide et ferme à l'état frais; présence de minces cutans argileux. localisés à la face des agrégats. peu nombreuses concrétions ferro-manganifères. activité biologique intense; transition distincte et régulière.
- 58– 180cm Horizon brun olive (2,5Y 4/4) argileux; on observe quelques taches rouges diffuses. peu nettes. à la partie supérieure de l'horizon; structure massive compacte; peu nombreux pores fins et moyens. rares racines ; peu nombreuses concrétions ferro-manganifères petites à grosses. dures. de forme arrondie. de couleur noirâtre; peu nombreux nodules calcaires. de couleur blanchâtre. de 1 à 3 cm de diamètre ; assez nombreuses fines fentes subverticales et horizontales.

**Résultats analytiques: profil 17 (BJCS7)**

Horizon	Ah1	Ah2	Bg	Bgcs	Bg	Ck
Profondeur cm	0-5	5-12	12-32	32-58	58-70	70-180
Refus % (2 mm)	0,2	0,2	1,0	27,3	7,4	4,0
0 - 2 µ %	10,28	10,83	21,13	28,26	54,34	51,45
2 - 20 µ %	20,56	20,37	23,22	22,08	15,65	12,80
20 - 50 µ %	26,64	23,51	23,04	17,16	12,11	14,37

50 - 200 $\mu$ %	40,86	36,63	25,51	19,45	11,48	14,64
200 - 2000 $\mu$ %	2,17	7,38	5,94	11,81	7,00	6,97
Humidité	-	-	-	-	-	-
pF 2,5	18,6	13,5	-	-	-	-
pF 4,2	6,8	6,0	-	-	-	-
Eau utile	11,8	7,5	-	-	-	-
C %	0,96	0,60	0,49	-	-	-
N %	0,074	0,053	0,051	-	-	-
C/N	13,0	11,3	9,6	-	-	-
M.O %	1,66	1,03	0,84	-	-	-
pH eau (1/2,5)	7,1	6,4	6,6	6,7	6,8	7,9
pH KCl (1/2,5)	5,7	4,9	4,6	4,6	4,6	6,4
Ca ++ éch. méq/100g	3,97	2,60	4,29	5,68	12,23	18,44
Mg++ éch. méq/100g	1,51	1,10	1,58	2,03	4,40	5,90
K- éch. méq/100g	0,37	0,25	0,29	0,37	0,44	0,38
Na- éch. méq/100g	0,18	0,21	0,34	0,51	1,01	1,80
Somme cations	6,03	4,16	6,50	8,59	18,08	26,52
CEC méq/100g	9,20	6,00	9,05	12,65	25,10	25,10
CEC Argile (méq)	57	36	35	45	46	49
% V = ST x 100	66	69	72	68	72	>100
P. ass. Truog ppm	2	1	1			
ESP %	2	4	4	4	4	7

## RAPPORTS SUR LES RESSOURCES EN SOLS DU MONDE

1. Report of the First Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Rome, 19-23 June 1961 (A)\*\*
2. Report of the First Meeting on Soil Survey, Correlation and Interpretation for Latin America, Rio de Janeiro, Brazil, 28-31 May 1962 (A)\*\*
3. Report of the First Soil Correlation Seminar for Europe, Moscow, USSR, 16-28 July 1962 (A)\*\*
4. Report of the First Soil Correlation Seminar for South and Central Asia, Tashkent, Uzbekistan, USSR, 14 September-2 October 1962 (A)\*\*
5. Report of the Fourth Session of the Working Party on Soil Classification and Survey (Subcommission on Land and Water Use of the European Commission on Agriculture), Lisbon, Portugal, 6-10 March 1963 (A)\*\*
6. Report of the Second Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Rome, 9-11 July 1963 (A)\*\*
7. Report of the Second Soil Correlation Seminar for Europe, Bucharest, Romania, 29 July-6 August 1963 (A)\*\*
8. Report of the Third Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Paris, 3 January 1964 (A)\*\*
9. Adequacy of Soil Studies in Paraguay, Bolivia and Peru, November-December 1963 (A)\*\*
10. Report on the Soils of Bolivia, January 1964 (A)\*\*
11. Report on the Soils of Paraguay, January 1964 (A)\*\*
12. Preliminary Definition, Legend and Correlation Table for the Soil Map of the World, Rome, August 1964 (A)\*\*
13. Report of the Fourth Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Rome, 16-21 May 1964 (A)\*\*
14. Report of the Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash, Tokyo, Japan, 11-27 June 1964 (A)\*\*
15. Report of the First Session of the Working Party on Soil Classification, Survey and Soil Resources of the European Commission on Agriculture, Florence, Italy, 1-3 October 1964 (A)\*\*
16. Detailed Legend for the Third Draft on the Soil Map of South America, June 1965 (A)\*\*
17. Report of the First Meeting on Soil Correlation for North America, Mexico, 1-8 February 1965 (A)\*\*
18. The Soil Resources of Latin America, October 1965 (A)\*\*
19. Report of the Third Correlation Seminar for Europe: Bulgaria, Greece, Romania, Turkey, Yugoslavia, 29 August-22 September 1965 (A)\*\*
20. Report of the Meeting of Rapporteurs, Soil Map of Europe (Scale 1:1 000 000) (Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture), Bonn, Federal Republic of Germany, 29 November-3 December 1965 (A)\*\*
21. Report of the Second Meeting on Soil Survey, Correlation and Interpretation for Latin America, Rio de Janeiro, Brazil, 13-16 July 1965 (A)\*\*
22. Report of the Soil Resources Expedition in Western and Central Brazil, 24 June-9 July 1965 (A)\*\*
23. Bibliography on Soils and Related Sciences for Latin America (1st edition), December 1965 (A)\*\*
24. Report on the Soils of Paraguay (2nd edition), August 1964 (A)\*\*
25. Report of the Soil Correlation Study Tour in Uruguay, Brazil and Argentina, June-August 1964 (A)\*\*
26. Report of the Meeting on Soil Correlation and Soil Resources Appraisal in India, New Delhi, India, 5-15 April 1965 (A)\*\*
27. Report of the Sixth Session of the Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture, Montpellier, France, 7-11 March 1967 (A)\*\*
28. Report of the Second Meeting on Soil Correlation for North America, Winnipeg-Vancouver, Canada, 25 July-5 August 1966 (A)\*\*
29. Report of the Fifth Meeting of the Advisory Panel on the Soil Map of the World, Moscow, USSR, 20-28 August 1966 (A)\*\*
30. Report of the Meeting of the Soil Correlation Committee for South America, Buenos Aires, Argentina, 12-19 December 1966 (A)\*\*
31. Trace Element Problems in Relation to Soil Units in Europe (Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture), Rome, 1967 (A)\*\*
32. Approaches to Soil Classification, 1968 (A)\*\*
33. Definitions of Soil Units for the Soil Map of the World, April 1968 (A)\*\*
34. Soil Map of South America 1:5 000 000, Draft Explanatory Text, November 1968 (A)\*\*
35. Report of a Soil Correlation Study Tour in Sweden and Poland, 27 September-14 October 1968 (A)\*\*

36. Meeting of Rapporteurs, Soil Map of Europe (Scale 1:1 000 000) (Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture), Poitiers, France 21-23 June 1967 (A)\*\*
37. Supplement to Definition of Soil Units for the Soil Map of the World, July 1969 (A)\*\*
38. Seventh Session of the Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture, Varna, Bulgaria, 11-13 September 1969 (A)\*\*
39. A Correlation Study of Red and Yellow Soils in Areas with a Mediterranean Climate (A)\*\*
40. Report of the Regional Seminar of the Evaluation of Soil Resources in West Africa, Kumasi, Ghana, 14-19 December 1970 (A)\*\*
41. Soil Survey and Soil Fertility Research in Asia and the Far East, New Delhi, 15-20 February 1971 (A)\*\*
42. Report of the Eighth Session of the Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture, Helsinki, Finland, 5-7 July 1971 (A)\*\*
43. Report of the Ninth Session of the Working Party on Soil Classification and Survey of the European Commission on Agriculture, Ghent, Belgium 28-31 August 1973 (A)\*\*
44. First Meeting of the West African Sub-Committee on Soil Correlation for Soil Evaluation and Management, Accra, Ghana, 12-19 June 1972 (A)\*\*
45. Report of the Ad Hoc Expert Consultation on Land Evaluation, Rome, Italy, 6-8 January 1975 (A)\*\*
46. First Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Nairobi, Kenya, 11-16 March 1974 (A)\*\*
47. Second Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Addis Ababa, Ethiopia, 25-30 October 1976 (A)
48. Report on the Agro-Ecological Zones Project, Vol. 1 - Methodology and Results for Africa, 1978. Vol. 2 - Results for Southwest Asia, 1978 (A)
49. Report of an Expert Consultation on Land Evaluation Standards for Rainfed Agriculture, Rome, Italy, 25-28 October 1977 (A)
50. Report of an Expert Consultation on Land Evaluation Criteria for Irrigation, Rome, Italy, 27 February-2 March 1979 (A)
51. Third Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Lusaka, Zambia, 18-30 April 1978 (A)
52. Land Evaluation Guidelines for Rainfed Agriculture, Report of an Expert Consultation, 12-14 December 1979 (A)
53. Fourth Meeting of the West African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Banjul, The Gambia, 20-27 October 1979 (A)
54. Fourth Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Arusha, Tanzania, 27 October-4 November 1980 (A)
55. Cinquième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Lomé, Togo, 7-12 décembre 1981 (F)
56. Fifth Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Wad Medani, Sudan, 5-10 December 1983 (A)
57. Sixième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre Africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Niamey, Niger, 6-12 février 1984 (F)
58. Sixth Meeting of the Eastern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Maseru, Lesotho, 9-18 October 1985 (A)
59. Septième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Ouagadougou, Burkina Faso, 10-17 novembre 1985 (F)
60. Revised Legend, Soil Map of the World, FAO-Unesco-ISRIC, 1988. Reprinted 1990 (A)
61. Huitième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Yaoundé, Cameroun, 19-28 janvier 1987 (F)
62. Seventh Meeting of the East and Southern African Sub-Committee for Soil Correlation and Evaluation, Gaborone, Botswana, 30 March-8 April 1987 (A)
63. Neuvième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Cotonou, Bénin, 14-23 novembre 1988 (F)
64. FAO-ISRIC Soil Database (SDB), 1989 (A)
65. Eighth Meeting of the East and Southern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Harare, Zimbabwe, 9-13 October 1989 (A)
66. World soil resources. An explanatory note on the FAO World Soil Resources Map at 1:25 000 000 scale, 1991. Rev. 1, 1993 (A)
67. Digitized Soil Map of the World, Volume 1: Africa. Volume 2: North and Central America. Volume 3: Central and South America. Volume 4: Europe and West of the Urals. Volume 5: North East Asia.

- Volume 6: Near East and Far East. Volume 7: South East Asia and Oceania. Release 1.0, November 1991 (A)
68. Land Use Planning Applications. Proceedings of the FAO Expert Consultation 1990, Rome, 10-14 December 1990 (A)
  69. Dixième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Bouaké, Odienné, Côte d'Ivoire, 5-12 novembre 1990 (F)
  70. Ninth Meeting of the East and Southern African Sub-Committee for Soil Correlation and Land Evaluation, Lilongwe, Malawi, 25 November - 2 December 1991 (A)
  71. Agro-ecological land resources assessment for agricultural development planning. A case study of Kenya. Resources data base and land productivity. Main Report. Technical Annex 1: Land resources. Technical Annex 2: Soil erosion and productivity. Technical Annex 3: Agro-climatic and agro-edaphic suitabilities for barley, oat, cowpea, green gram and pigeonpea. Technical Annex 4: Crop productivity. Technical Annex 5: Livestock productivity. Technical Annex 6: Fuelwood productivity. Technical Annex 7: Systems documentation guide to computer programs for land productivity assessments. Technical Annex 8: Crop productivity assessment: results at district level. 1991. Main Report 71/9: Making land use choices for district planning, 1994 (A)
  72. Computerized systems of land resources appraisal for agricultural development, 1993 (A)
  73. FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management, 1993 (A)
  74. Global and national soils and terrain digital databases (SOTER), 1993. Rev. 1, 1995 (A)
  75. AEZ in Asia. Proceedings of the Regional Workshop on Agro-ecological Zones Methodology and Applications, Bangkok, Thailand, 17-23 November 1991 (A)
  76. Green manuring for soil productivity improvement, 1994 (A)
  77. Onzième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Ségou, Mali, 18-26 janvier 1993 (F)
  78. Land degradation in South Asia: its severity, causes and effects upon the people, 1994 (A)
  79. Status of sulphur in soils and plants of thirty countries, 1995 (A)
  80. Soil survey: perspectives and strategies for the 21st century, 1995 (A)
  81. Multilingual soil database, 1995 (Multil)
  82. Potential for forage legumes of land in West Africa, 1995 (A)
  83. Douzième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Bangui, République Centrafricain, 5-10 décembre 1994 (F)
  84. World reference base for soil resources, 1998 (A F)
  85. Soil Fertility Initiative for sub-Saharan Africa, 1999 (A)
  86. Prevention of land degradation, enhancement of carbon sequestration and conservation of biodiversity through land use change and sustainable land management with a focus on Latin America and the Caribbean, 1999 (A)
  87. AEZWIN: An interactive multiple-criteria analysis tool for land resources appraisal, 1999 (A)
  88. Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO<sub>2</sub>, 2000 (E)
  89. Land resources information systems for food security in SADC countries, 2000 (A)
  90. Land resource potential and constraints at regional and country levels, 2000 (A)
  91. The European soil information system, 2000 (A)
  92. Carbon sequestration projects under the clean development mechanism to address land degradation, 2000 (A)
  93. Land resources information systems in Asia, 2000 (A)
  94. Lecture notes on the major soils of the world, 2001 (A)
  95. Land resources information systems in the Caribbean, 2001 (A)
  96. Soil carbon sequestration for improved land management, 2001 (A E).
  97. Land degradation assessment in drylands – LADA project, 2002 (A)
  98. Quatorzième réunion du Sous-Comité Ouest et Centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Abomey, Bénin, 9–13 octobre 2000, 2002 (F)

Disponibilité: juillet 2002

A - Anglais  
E - Espagnol  
F - Français

Multil - Multilingue  
\*\* Epuisé

**Ce rapport est un résumé des résultats présentés lors de la quatorzième réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, qui s'est tenue à Abomey, République du Bénin du 9 au 13 octobre 2000. Les discussions ont porté principalement sur le thème de l'utilisation de la Base de référence mondiale pour les ressources en sols comme instrument pour la sécurité alimentaire en Afrique. Une dizaine de communications nationales et internationales sur ce sujet sont incluses, ainsi qu'un compte rendu des visites de terrain.**

