

**UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR**  
**Faculté des sciences et techniques**  
**Département de Géologie**



**MEMOIRE**

**Présenté par Crépin Edwige Raoul LOUHOUNGOU**  
**pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies de Géosciences**  
**"option" Environnements Sédimentaires**

**CARTOGRAPHIE DE LA CUIRASSE ET CARACTERISATION**  
**DES SOLS ISSUS DE SON DEMANTELEMENT DANS LE**  
**SECTEUR DE TINKOTO - SENEGAL ORIENTAL.**



**Soutenu publiquement le 29 juillet 2000**  
**devant la commission d'examen composée de :**

|                    |                                    |                   |
|--------------------|------------------------------------|-------------------|
| <b>MM. R. Sarr</b> | <b>Université C. A. D de Dakar</b> | <b>Président</b>  |
| <b>F. Diome</b>    | <b>Université C. A. D de Dakar</b> | <b>Rapporteur</b> |
| <b>P. M. Ngom</b>  | <b>Université C. A. D de Dakar</b> | <b>Examineur</b>  |
| <b>P. Ndiaye</b>   | <b>Université C. A. D de Dakar</b> | <b>Examineur</b>  |

## Avant-propos

---

Le travail présenté dans ce mémoire est l'aboutissement heureux d'une longue période d'apprentissage et d'initiation à la recherche en sciences de sols. Il a été mené au laboratoire de ressources minérales de l'IRD-Dakar (centre de Hann.) et s'inscrit dans le cadre du programme "Sénégal oriental".

C'est avec une vive émotion que je voudrais avant toute chose rendre toute la grâce à Dieu qui est et qui restera à la pointe de toute l'existence. Que son nom soit béni à jamais !

Je tiens à remercier très sincèrement monsieur Fary Diome docteur ingénieur à l'Institut des sciences de la terre de Dakar. Monsieur Diome vous avez suivi et bien conduit ce travail. votre rigueur scientifique, vos conseils et vos critiques m'ont été d'un secours inestimable. Trouvez ici, ma profonde gratitude.

Il m'est particulièrement agréable de remercier Monsieur Jean Claude PARISOT, directeur du programme "ressources minérales" pour ses préoccupations de former et de transmettre, grâce auxquelles j'ai été accepté dans son équipe. Votre apport a marqué un tournant décisif dans ma vision des choses scientifiques, je vous prie de trouver ici ma profonde reconnaissance.

Ma reconnaissance va également à monsieur Michel RITZ, pour sa sympathie. Il est d'un genre à vous mettre à l'aise et de vous permettre de travailler en toute sérénité.

Je tiens à rendre hommage à tous les professeurs du département de géologie de la Faculté des Sciences (UCAD) pour avoir joué un rôle important dans ma formation en géologie. Je veux citer en particulier :

Messieur. Raphaël Sarr. Maître de conférence. Ababacar LY. Professeur et madame Isabelle Niang. Maître de conférence et chef de département de géologie. J'apprécie énormément votre disponibilité à apporter des solutions aux multiples problèmes rencontrés par les étudiants. Je vous remercie beaucoup.

Je remercie tout particulièrement monsieur Jean Boulet. enseignant au département de géographie de la Faculté des lettres (UCAD) et chercheur à l'IRD. Vous avez apporté une contribution à la réalisation de ce travail par vos conseils et votre vision très élargie des faits scientifiques. Je vous remercie de tout cœur.

Je voudrai exprimer ma reconnaissance à monsieur Paul NDIAYE. enseignant au département de géographie de la Faculté des lettres (ACAD). pour sa sympathie et pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je remercie également monsieur P. M. Ngom. maître de conférence. enseignant au département de géologie de la Faculté des sciences et techniques de L'U. C. A. D. pour sa gentillesse et pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

J'exprime aussi ma gratitude à la direction de la SODEFITEX pour tous les moyens (financiers et matériels) mis à notre disposition. Leur part dans la réalisation de ce travail a été d'un apport très considérable.

Ma gratitude va également à monsieur Laurent Barbiero. chercheur à l'IRD. pour sa sympathie et aussi pour ses conseils qui n'ont pas manqué de me faire du bien.

Je vaudrais aussi remercier monsieur Augustin Diémé. bibliothécaire à l'IRD pour sa sympathie. Il m'a donné des orientations bibliographiques qui ont apporté une part considérable dans ce travail.

Je réserve une mention toute spéciale à l'endroit de tous mes compatriotes et collègues géologues avec lesquels j'aurais connu des hauts et des bas dans la formation du métier de géologue : Nazaire Mbémba, Rufin Mpassi, Pierre Nzoussi Mbassani, Louis Mizingou, Albert Tessolo, Ahmed Bickoundou, feu Palèze Ngassier, Anatole Mban Olivier Essouli etc. Notre parcours ensemble s'est achevé au Sénégal via le Burkina Faso. Votre assistance morale et matérielle ainsi que vos multiples conseils durant les moments de joie et de douleurs ne sauraient me laisser indifférent. Je vous prie de trouver ici ma profonde gratitude.

Je remercie également tous les collègues de laboratoire de ressources minérales de l'IRD : Christian Bantsimba, Claude Erick Mabilia, Louis Mananga, Rufin Safou, Cédric Gineste, Aïssatou Sarr, Awa Touré et Armel Nkoumbou. Ce travail est aussi le leur, je ne saurais mesurer la part qui a été la leur, les multiples échanges de connaissance ont marqué des incidences considérables dans ce travail.

Je réserve une place de choix à toutes les personnes qui m'ont apporté un confort moral et spirituel sans lequel ce travail n'aurait pas eu lieu. Je pense tout particulièrement à tous les frères et sœurs de l'église Centre Biblique Betsaleel :

Pasteur Valéry Mbonjo et son épouse Marguerite Mbonjo, Jan Janse et son épouse, Albert Timawé Wansi, Thiéry N'ko Okono et son épouse Victoire Okono, Yaya Sané, Ousmane Diouf, Willy Njoyi, Pembiah Saturnin, Elisabeth Liyong etc.

Je ne saurais oublier enfin ma chère défunte épouse Lydie Ghyslaine Louhounou ainsi que mes parents : mon père et ma mère, qui m'ont entouré de tout leur amour chaque fois que cela était nécessaire. ***Je leur dédie ce travail.***

## Résumé

---

Une bonne partie de la superficie du Sénégal oriental en général et de Tinkoto en particulier, est occupée par la cuirasse, sous forme de plateaux étagés. Cette extension de la cuirasse aussi bien considérable sur le plan vertical (environ 3 mètres de profondeur) que horizontal, est un obstacle important à la mise en valeur agricole de la région. Cependant, en dépit de ces caractères gênant qu'elle offre, la cuirasse par son démantèlement constitue une roche mère de sols de diverses natures.

Notre étude a permis d'en distinguer 5 types dont la répartition est une fonction de la topographie. On distingue donc les sols exondés, situés sur la cuirasse et les versants, et les sols inondables situés sur les bas de pente, des plateaux cuirassés. Le premier type est représenté par les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les sols peu évolués d'érosion et les sols sur cuirasse. Leur fraction argileuse est presque exclusivement kaolinique. Celle-ci augmente régulièrement avec la profondeur et impose aux sols ses propriétés : faible capacité rétention d'eau et des éléments minéraux ( $3 \text{ me}/100\text{g} < \text{CEC} < 5 \text{ me}/100\text{g}$ ). Leur fertilité dépend en général de la bonne décomposition matière organique ( $\text{C}/\text{N} < 10$ ) qui cependant se trouve en faible quantité (0.02 à 07%).

Le second type est représenté par les vertisols et les sols bruns eutrophes. Ils sont marqués par une certaine homogénéité aussi bien latérale que verticale. Leur fraction argileuse est fortement influencée par la montmorillonite. Celle-ci leur confère un haut potentiel chimique ( $10 < \text{CFC} < 35 < \text{me}/100\text{g}$ ), mais aussi de mauvaises propriétés physiques (forte cohésion à l'état sec, mouvement mécaniques dus au jeu d'humectation-dessiccation...). Ces propriétés physiques sont moins gênantes chez les sols bruns eutrophes. Leur matière organique est généralement en quantité faible à moyenne (0.05 à 1%), et sa décomposition est variable d'un profil à l'autre. En surface, la matière organique est en général mal décomposée sur les vertisols ( $\text{C}/\text{N} \geq 15$ ). L'interprétation de ces données, nous a permis de constater que les vertisols et sur tout les sols bruns eutrophes, situés en bas de pente présentent les caractéristiques les plus favorables aux cultures les plu exigeantes (coton, sorgho, maïs...). Tandis que les autres sols, situés en position plus élevée, à l'exception des sols sur cuirasse seraient plus aptes aux cultures les moins exigeantes (arachide, mil...).

Ces résultats obtenus à Tinkoto présentent de nombreuses similitudes avec ceux de toute la région obtenus par les anciens auteurs. Leur analyse nous a permis de dresser une carte régionale (au 1/500.000) de classification de sols en fonction de leur aptitude culturale. Nous avons obtenu 4 classes d'aptitudes de sols.

Mots-clés : Tinkoto, Cuirasse, démantèlement, kaolinite, montmorillonite, labours, culture intensive, culture extensive.

---

## **Sommaire**

---

### **Introduction**

### **Chapitre 1 : Conditions naturelles de milieu**

1. Cadre géographique
2. Contexte géologique régional
3. Contexte géomorphologique régional
4. Pédologie

### **Chapitre 2 : Méthodologie**

1. Méthodes de terrain
2. Méthodes de laboratoire

### **Chapitre 3 : Etude du secteur de Tinkoto**

1. Matériel
2. Les formations cuirassées
3. Conclusion

### **Chapitre 4 : Résultats de l'étude monographique des sols issus du démantèlement de la cuirasse dans le secteur de Tinkoto**

1. Situation des profils étudiés
2. Caractéristiques morphologiques des sols étudiés
3. Caractéristiques physico-chimiques
4. Conclusion
5. Discussion des résultats
6. Rappel des facteurs limitant et recommandations

### **Chapitre 5 : Classification des sols du Sénégal oriental en fonction de leur aptitude culturale**

1. Définition de unités à vocation culturale
2. les différentes classes d'aptitude des sols

### **Chapitre 6 : Conclusion**

## **Thème. Cartographie de la cuirasse et caractérisation des sols issus de son démantèlement dans le secteur de Tinkoto (Sénégal oriental).**

### **INTRODUCTION**

#### **1. Problématique.**

La production agricole au Sénégal a connu depuis les années 1970, un essor considérable grâce à l'utilisation des pratiques culturales adaptées (Dubois *et al.* 1974 et 1976, et S.M.I.A.R de FAO). Cependant, la pérennisation de l'accroissement de cette production nécessite la disponibilité des terres de culture répondant à cet objectif et aux exigences intrinsèques des cultures. Un projet de recherche de ces terres a été initié par la SODEFITEX en collaboration avec l'IRD. La région du Sénégal oriental a été choisie comme ayant des potentialités agricoles favorables aux cultures plus exigeantes (coton, sorgho). Cependant, la mise en valeur agricole de cette région est rendue délicate par l'importante extension des surfaces cuirassées. En effet, la présence quasi-constante de la cuirasse dans cette région accroît le phénomène d'érosion hydrique et donc de dégradation de sols (Blondel, 1965 ; Chauvel, 1967). Or il n'en demeure pas moins vrai que le démantèlement de la cuirasse prélude à la mise en place de nombreux types de sols. Par ailleurs, les difficultés de travail qu'opposent les sols les plus fertiles des bas-fonds obligent les agriculteurs à concentrer leurs efforts dans l'extension de cultures sur les versants de plateaux cuirassés. Cela entraîne une fragilisation et une baisse rapide de la productivité des sols des versants et les expose à l'érosion. Pour améliorer ces pratiques et permettre une bonne gestion de ressources en sols issus de la cuirasse, nous avons fait un inventaire et une caractérisation physique et biochimiques de ces sols. Celles-ci nous ont permis d'en préciser les potentialités agricoles ainsi que les facteurs limitants.

#### **2. Objectifs et plan**

L'objectif principal de ce travail est de faire une cartographie des cuirasses et des sols issus de leur démantèlement et une caractérisation pédologique de ces sols. Leur valeur agronomique et les facteurs limitants seront ainsi précisés pour une mise en valeur agricole basée sur l'intensification de la culture du coton.

Dans un premier temps, nous aborderons les conditions naturelles du milieu. Dans un deuxième temps, nous nous pencherons sur la méthodologie et le matériel. Dans un troisième temps, nous nous appesantirons sur les résultats, leur interprétation et leur discussion, et nous finirons par une conclusion générale.

## **Chapitre 1 : Conditions naturelles du milieu.**

### **1 Cadre géographique**

#### **1.1 Situation géographique**

La zone d'étude de Tinkoto se trouve au Sénégal oriental, dans le département de Kédougou. Elle est comprise entre 12° 07 et 12° 08 de longitude Est et 12° 55 et 12° 56 de latitude Nord. On y accède par une piste d'environ 30 km qui part de Mako et passe par Kanéméré (Figure 1).

#### **1.2 Climatologie et végétation**

Le climat du Sénégal oriental est variable puisqu'il passe du type sahélo-sénégalais au Nord (Kidira, Goudiry), au type soudano-guinéen au Sud (Kédougou), par l'intermédiaire d'un type sahélo-soudanien (Tambacounda, Dialakoto).

Ces climats intertropicaux présentent des caractéristiques communes : une seule saison des pluies centrée autour des mois de mai/juin-octobre, suivie d'une plus ou moins longue saison sèche entre novembre et mai. Ils se distinguent par la durée de la période pluvieuse qui est de 3 mois au Nord et peut dépasser 5 mois au Sud.

Cette décroissance pluviométrique du Nord au Sud s'accompagne d'un accroissement des températures et de l'intensité des vents. La moyenne des températures minimales est de 20.8 °C : atteinte au mois de mars. La moyenne des températures maximales est de 28.3 °C : atteinte en janvier et en août. Il en résulte une évapotranspiration plus élevée et par conséquent des nappes phréatiques de plus en plus profondes, réduisant la disponibilité de réserves en eau pour les plantes. L'indice de dégradation spécifique de sols de Fournier

calculé au Sénégal oriental, varie de 1730 à 2200 tonnes/km<sup>2</sup>/an, ce qui souligne l'agressivité du régime pluviométrique

La végétation naturelle est une savane arbustive et arborée pour les sols profonds et une savane herbacée pour les sols peu profonds. La strate arbustive est dominée par les Combrétacées et la strate arborée par Bombax costatum et Sterculia setigera.

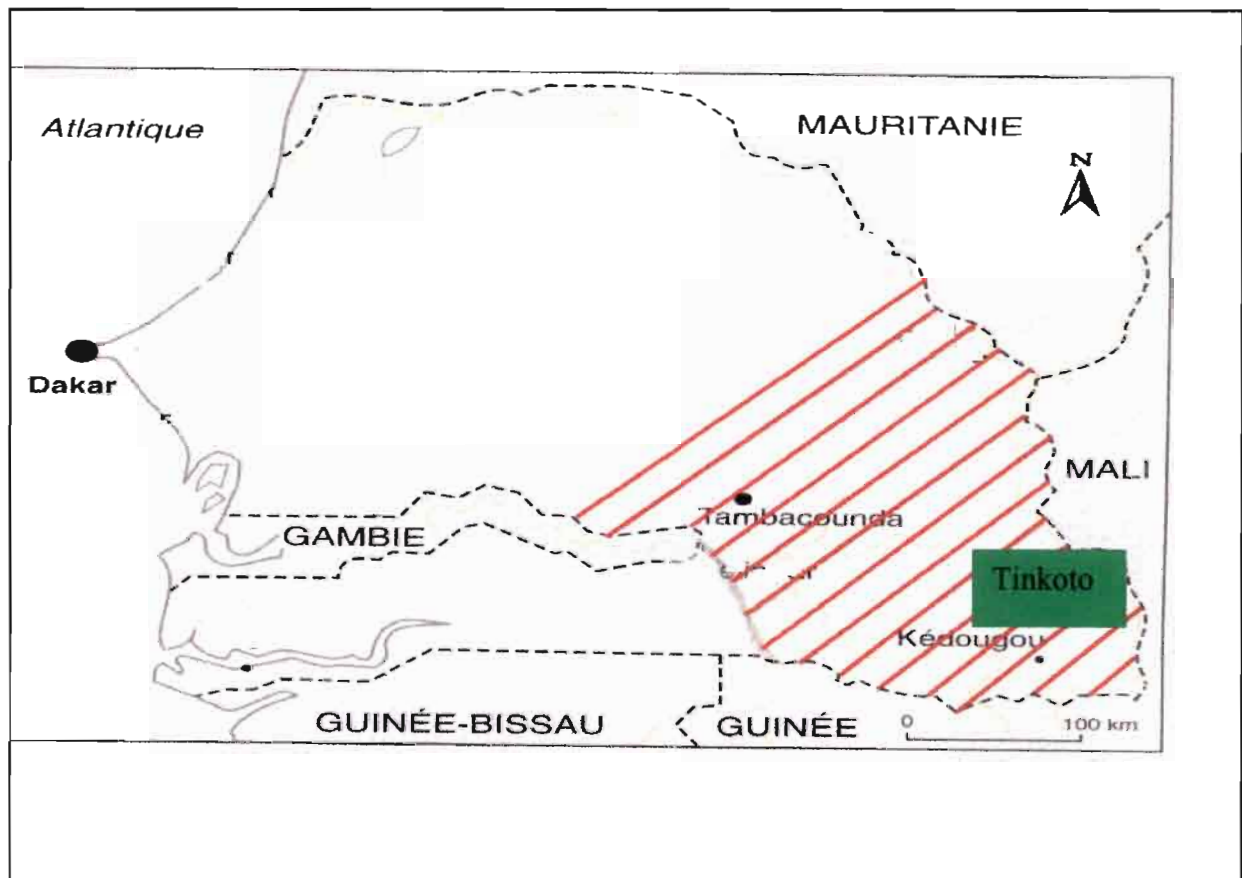


Figure 1. Carte de localisation du secteur de Tinkoto

## 2. Contexte géologique régionale

### 2.1 Le craton ouest africain

Le Sénégal oriental et la partie sud-ouest du Mali (Kayes et Kéniéba) constituent la portion médiane du craton ouest africain, comprise entre la dorsale de Réguibat au Nord et la dorsale de Man au Sud (Figure 2). Elle est recouverte par des formations sédimentaires d'âge précambrien supérieur et paléozoïque inférieur. Les fenêtres de Kédougou-Kéniéba permettent, au travers de cette couverture, l'apparition du socle du craton ouest africain. Elles font apparaître notamment les formations volcano-sédimentaires plissées et légèrement métamorphisées, et des séries granitiques.

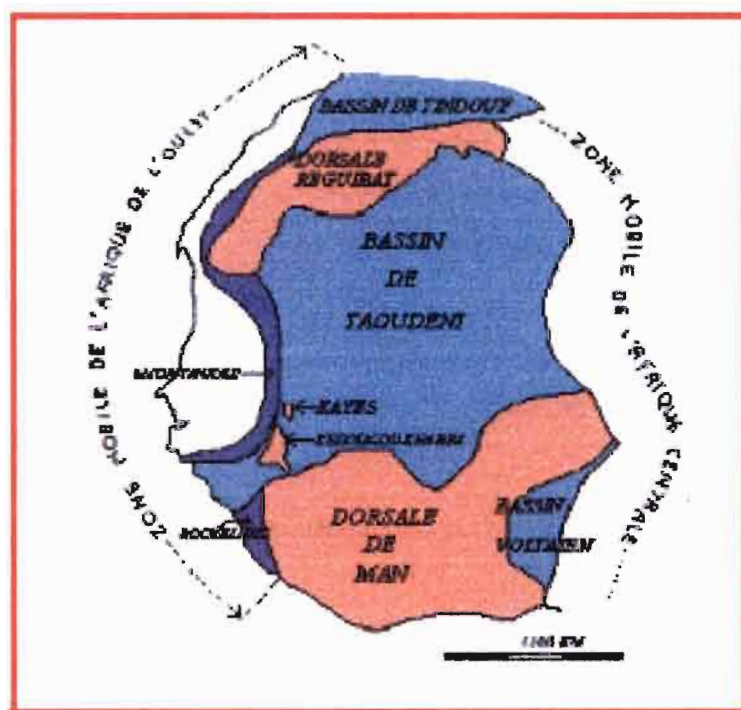


Figure 2. Craton ouest africain (Bessole,)

## 2. 2 Fenêtre de Kédougou-Kéniéba.

De nombreux travaux géologiques ont été réalisés sur la boutonnière de Kédougou-Kéniéba. On peut citer notamment ceux de Bassot, (1959, 1969). Les études plus récentes ont été menées depuis les années 1980 ( Diallo, 1983 et 1994; Ndiaye, 1986 et 1994; Bassot, 1987 ; Ngom, 1995).

On doit à Bassot (1963, 1966, 1987) la première subdivision stratigraphique et structurale des formations géologiques de la fenêtre Kédougou-Kéniéba. Il propose un schéma en deux grands ensembles disposés en bandes allongées, plus ou moins parallèles, orientées NNE - SSW (Figure 3) :

- le super groupe ou série de Mako, large d'une cinquantaine de kilomètres au Nord et d'une vingtaine au Sud, est situé plus à l'Ouest. Il correspond à un complexe volcano-sédimentaire recoupé par le batholite de Kakadian et de petits massifs de granitoïdes tardi et post-tectoniques de Tinkoto et Mamakono :

- le super groupe ou série de Dialé-Daléma à dominante flyschöide est recoupé par un magmatisme acide très développé, d'âge protérozoïque inférieur ( batholite syntectonique de Saraya et granitoïdes discordants). Il est également recoupé par un volcano-plutonisme concordant de type Boboti à pétrographie hétérogène.

Cet ensemble est assimilé à un géosynclinal où la série du Dialé-Daléma est postérieure à la série de Mako (Bassot, 1959 et 1960). Il est recouvert par des formations d'altération continentale (cuirasses latéritiques, alluvions, etc.).

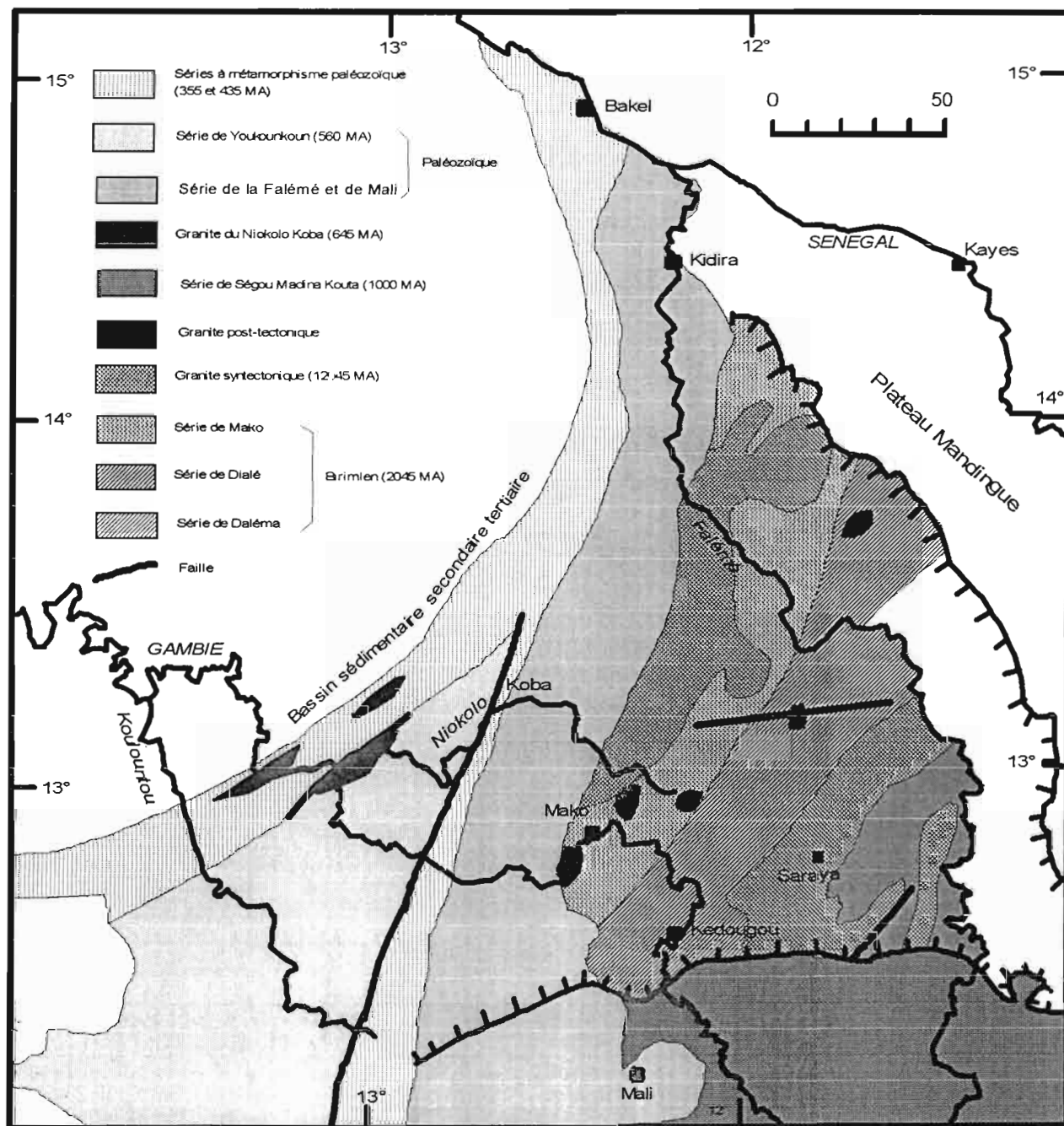


Figure 3. Carte géologique de la boutonnière de Kédougou-Kéniéba (Bassot, 1969)

### 3. Contexte géomorphologique régional.

L'évolution géomorphologique de l'Afrique de l'Ouest s'est traduite par l'élaboration et le cuirassement des surfaces d'aplanissement de la seconde moitié du Secondaire à nos jours. Ces surfaces de cuirassement ont été reconnues et datées par plusieurs auteurs, notamment Vogt (1955) ; Michel (1960) et Grandin (1973).

Les plus anciennes surfaces dont il ne reste plus que quelques lambeaux (Figure 4) sont ferrugino-alumineuses et s'étagent en trois niveaux chronologiques successifs (Figure 5).

La géomorphologie du Sénégal oriental est marquée par une juxtaposition d'inselbergs et de glacis dont la plupart sont cuirassés sous forme de plateaux. Ces inselbergs correspondent à des buttes de roches basiques (méta-basalte et dolérites), souvent coiffées de cuirasses ferrugineuses qui sont le témoin, soit de la surface d'aplanissement éocène, soit du relief intermédiaire pliocène (Figure 5).

La plupart des versants de ces collines sont le théâtre d'un colluvionnement de kaolinite (provenant des surfaces anciennes) et d'une altération en place des éboulis de roches basiques et du substratum. Les processus pédologiques qui interviennent sur ces matériaux aboutissent généralement aux sols bruns eutrophes. Une évolution verticale est possible dès qu'une diminution de la pente rend possible la formation de montmorillonite.

Les glacis cuirassés d'âge quaternaire sont étagés en trois niveaux : le Haut-glacis à cuirasse fortement démantelée, le Moyen-glacis, à cuirasse presque intacte et le Bas-glacis peu ou non cuirassé.

Leur aspect peut changer entre deux secteurs. On peut passer d'une surface plane dénudée à des buttes tabulaires allongées au-dessus des dépressions. Certaines cuirasses occupent des inselbergs (monts Bassaris) et des reliefs résiduels. Ces cuirasses présentent souvent une texture conglomératique englobant parfois du matériel dérivé de la destruction des cuirasses plus anciennes.

Ces glacis sont séparés des reliefs résiduels par des dépressions allongées ou circulaires, creusées au niveau des « knicks » des inselbergs, et le long desquelles affleurent les roches saines ou altérées. D'autres systèmes de glacis non cuirassés s'étalent aux pieds des falaises et sont recouverts de gravillons et de sables.

L'évolution du réseau hydrographique a abouti à la mise en place d'une série de terrasses (Figure 5) dont les plus anciennes, graveleuses, ont été cimentées en poudingues.

Ces terrasses se raccordent d'une part aux glacis cuirassés, d'autre part aux terrasses plus récentes argileuses ou sableuses.

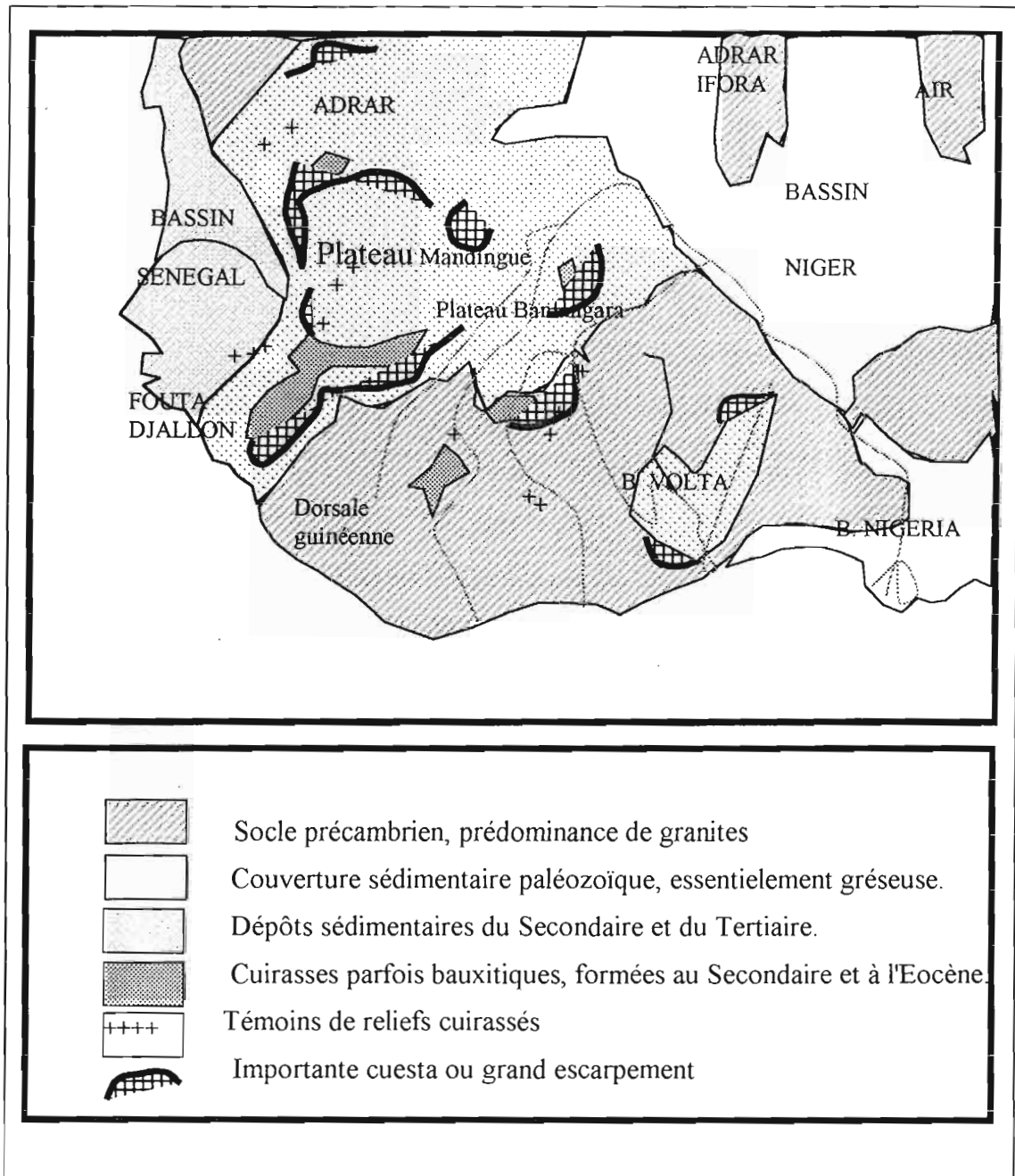


Figure 4. Afrique occidentale : géologie, relief et surfaces à vieilles cuirasses (Michel, 1978).

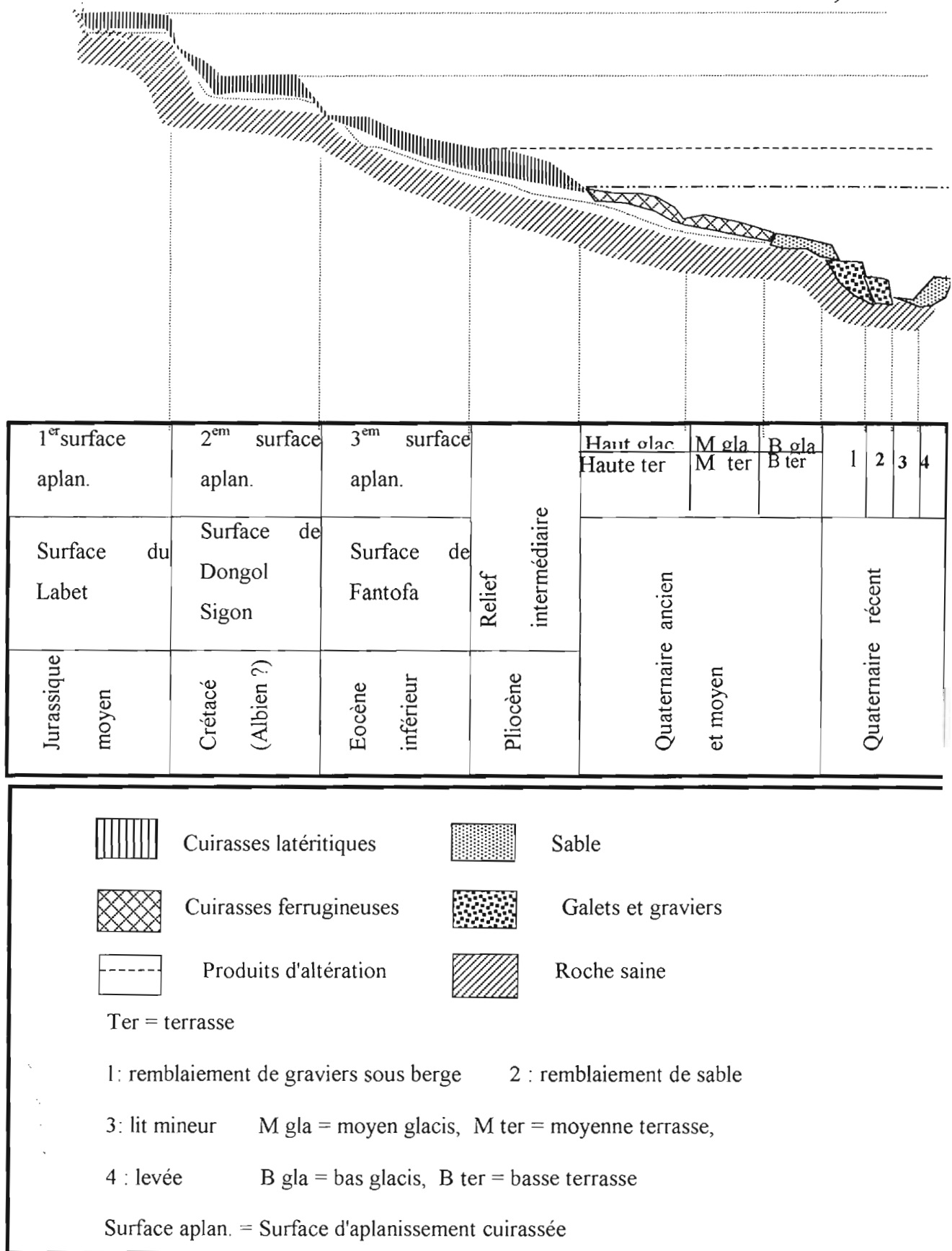


Figure 5. Schéma du modelé et de l'évolution géomorphologique des hauts bassins du Sénégal et de la Gambie (MICHEL, 1973)

#### 4 Pédologie.

Les premiers travaux de prospection pédologique de 1963 ont abouti à la représentation cartographique au 1/1000.000. Par la suite, Kaloga et Barreto (1966) et Chauvel (1967) ont dressé des cartes pédologiques au 1/200.000. Ces travaux ont permis la mise en évidence de la complexité des facteurs de différenciation des sols. Cette complexité résulte en grande partie de l'hétérogénéité lithologique du substratum.

Ces études ont été menées sur la base de la classification pédologique française de Aubert et Duchaufour (1963), précisée et complétée par Aubert (1965). Les différents types de sols inventoriés au Sénégal oriental ont été réunies dans 8 classes : les sols minéraux bruts (ou lithosols), les sols peu évolués, les vertisols et paravertisols, les sols à mull, les sols riches en sesquioxides de fer, les sols ferralitiques, les sols hydromorphes et les sols halomorphes.

Cette gamme variée de sols contraste avec la monotonie géomorphologique de la région, marquée par l'importance des glacis étagés, dont la plupart sont cuirassés (Maignien 1963). Il en résulte que la mise en place et l'évolution de ces sols sont considérablement influencées par la cuirasse. La plupart d'entre eux par exemple comportent toujours un ou plusieurs horizons gravillonnaires (produits du démantèlement de la cuirasse) jouant un rôle important sur la macroporosité. Le phénomène d'érosion hydrique et de dégradation des sols est en partie attribué à l'extension de la cuirasse dénudée. Selon Fournier (1960), cette érosion se manifeste sous différentes formes : sur les plateaux cuirassés par exemple, notamment sur le moyen glacis, le relief peu accentué et la fréquence de la cuirasse déterminent un rassemblement des eaux de ruissellement dans les petites dépressions. L'eau ne pouvant plus s'infiltrer, s'étale et produit une érosion en nappe ravinante qui décape un niveau important de sol. Sur certains glacis, lorsque la carapace est plus profonde, l'entraînement des particules en surface reste le phénomène dominant.

Par ailleurs, la fragmentation de la cuirasse à la surface ou sur les rebords donne naissance aux différents types de sols essentiellement liés à l'évolution géomorphologique. Parmi ces sols dominent les sols ferrugineux tropicaux lessivés dont la différenciation se fait en fonction des recouvrements colluvionnaires, de la nature du substratum et de l'importance de l'accumulation et de la ségrégation du fer. Leur fraction argileuse est généralement constituée de la kaolinite, (rarement de l'illite (Chauvel, 1967), dotée d'un faible pouvoir de rétention d'eau et d'éléments minéraux. C'est ce qui explique la faiblesse de leur capacité d'échange cationique (de l'ordre de 3.5 à 10 me/100g). Selon Kaloga (1966), les sols

ferrugineux tropicaux doivent leur fertilité (moyenne) à la bonne minéralisation de leur matière organique. Cette a cependant un caractère fugace dès la mise en culture.

On note également la fréquence des vertisols, localisés dans les parties basses à drainage déficient, aux alentours des provinces de roches basiques. Les vertisols sont marqués par une richesse dans leur fraction argileuse de la montmorillonite, dotée d'un haut pouvoir de rétention d'eau et d'éléments minéraux et qui leur confère des valeurs élevées de la capacité d'échange (comprises entre 15 et 40 mé/100g). Mais ces sols posent d'énormes problèmes dans leur mise en valeur. Ils sont difficiles à travailler par des pratiques traditionnelles du fait de leur propriétés physiques défavorables (cohésion forte en saison sèche, mouvements mécaniques dus au jeu d'humectation-dessiccation préjudiciables au développement racinaire, etc.). La richesse en montmorillonite et tous ces caractères ne sont pas toujours clairement évidents. Il existe de nombreux paravertisols qui sont essentiellement riches en illite ou en kaolinite et en gel de silice.

Les sols ferrugineux tropicaux et les vertisols passent en beaucoup d'endroits aux sols hydromorphes et aux sols bruns eutrophes, avec lesquels ils sont souvent associés.

Le profil classique de sols ferrugineux tropicaux lessivés est constitué par un couple d'horizons éluvio-illuvié [A-(B)]. Envisagé et vérifié par tous les auteurs qui ont travaillé dans la région, le lessivage des horizons supérieurs n'a été clairement défini que sous sa forme oblique. L'entraînement vertical de l'argile, s'il existe en zones planes, est contrarié par l'entraînement oblique en topographie non plane (Leprun, 1967).

Blondel (1966) pense qu'une infime partie de la fraction argileuse de l'horizon supérieur peut être entraînée en profondeur, mais que la plus grande masse d'argile est évacuée latéralement.

Le calcul isovolumique permettant de se rendre compte du lessivage et de sa forme a conduit Blondel (1966) à admettre que 75% de l'argile des horizons supérieurs est souvent exportée du profil, 25 % seulement s'accumule en profondeur.

Cet important départ latéral de l'argile du profil s'explique par l'importance des phénomènes d'érosion et de ruissellement en nappe très courants sur ces sols.

## **Chapitre 2. Méthodologie**

La méthodologie adoptée peut être scindée en deux parties : les méthodes de terrain et les méthodes de laboratoire.

### **1. Méthodes de terrain.**

Après avoir défini un premier itinéraire à l'aide de cartes dont nous disposions (carte topographique au 1/25000 et carte des formations superficielles de la zone de Tinkoto au 1/5000), nous avons débuté notre étude. Ce travail a consisté en une investigation en surface et en profondeur. En surface nous nous sommes appesanti sur la détermination des limites entre les cuirasses et les sols au sein des unités géomorphologiques, de leurs variations, de leur aspect superficiel et de leurs relations avec les conditions du milieu. L'investigation en profondeur a été rendue possible grâce au creusement de puits et de tranchées de 2 mètres de profondeur. Elle a consisté en une description détaillée de profils de sols suivie d'un prélèvement d'échantillons pour la détermination de leurs caractéristiques analytiques au laboratoire. La densité des profils examinés et leur répartition sur le terrain ont été déterminées par l'importance des relations sol-cuirasse. Les caractères des cuirasses ont été définis dans la mesure du possible sur les deux types de roches (acides et basiques).

### **2. Méthodes de laboratoire**

Les échantillons ont été séchés à l'air libre puis tamisés à 2 mm. Pour les échantillons qui exigent un broyage, celui-ci a été effectué mécaniquement jusqu'à l'obtention de particules inférieures à 200  $\mu m$ . Deux types d'analyses ont été effectués : les analyses physiques et chimiques ; elles ont été effectuées au laboratoire de chimie de l'IRD (centre de Hann).

En ce qui concerne les analyses physiques, l'objectif étant essentiellement de déterminer la fertilité naturelle de sols, trois mesures ont été pratiquées : l'analyse granulométrique, la conductivité électrique ou salinité de sol, et l'humidité équivalente (avec la capacité au champ (pF = 2,2) et le point de flétrissement (pF = 4,2)).

L'analyse granulométrique permet de connaître la répartition des différentes tailles de particules constituant le sol suivant cinq classes : les argiles ( $< 2 \mu\text{m}$ ), les limons fins ( $2 \mu\text{m} < L_f < 20 \mu\text{m}$ ), les limons grossiers ( $20 \mu\text{m} < L_g < 50 \mu\text{m}$ ), les sables fins ( $50 \mu\text{m} < S_f < 200 \mu\text{m}$ ) et les sables grossiers ( $200 \mu\text{m} < S_g < 2000 \mu\text{m}$ ). Les éléments les plus fins sont obtenus par sédimentation suivant la loi de Stokes et les autres par tamisage.

La conductivité électrique est proportionnelle à l'intensité du courant passant entre deux électrodes de platine plongées dans la solution à doser. Elle est une fonction de la salinité. Ces mesures sont corrigées automatiquement en température.

L'humidité équivalente permet de connaître les caractéristiques du sol en matière de retenue d'eau. En effet le point de  $pF = 2,2$  donne la capacité au champ du sol (qui représente la capacité maximale de rétention), le point  $pF = 4,2$  donne le point de flétrissement, et la différence entre ces deux valeurs la réserve utile en eau.

Les analyses chimiques permettent de déduire les éléments manquants ou nuisibles pour les différents types de cultures. Elles comprennent le dosage des bases échangeables (Ca, K, Mg et Na), du phosphore et du fer total.

Les cations échangeables du sol sont déplacés par percolation avec une solution normale d'acétate d'ammonium à  $pH 7$ . Les bases extraites sont dosées au spectrophotomètre par absorption atomique.

La capacité d'échange correspond à la quantité totale de cations que le complexe d'échange du sol peut fixer. On la détermine en saturant le sol en calcium, puis en échangeant ce calcium par du potassium. Le dosage du calcium et des chlorures (ces derniers correspondant à la quantité de calcium non fixé sur le complexe d'échange) se fait par colorimétrie.

Le carbone est oxydé à chaud avec un mélange d'acide sulfurique concentré et de dichromate de potassium à 3%. Le dosage des ions  $\text{Cr}^{3+}$  formés, proportionnels à la quantité de carbone oxydé, est effectué par colorimétrie.

L'azote est dosé par la méthode de Kjeldah, dont le principe est de décomposer la matière organique par l'acide sulfurique porté à l'ébullition. Les ions ammonium sont dosés par colorimétrie automatique (réaction de Berthelot).

Le taux de matière organique est déterminé en dosant soit le carbone, (le taux de matière organique étant déduit de la formule :  $m.o = \text{carbone organique} \times 1.72$ ), soit l'azote organique, (le taux de matière organique étant déduit par la formule :  $m.o = \text{azote organique} \times 20$ .)

Le pH est déterminé à l'aide d'une électrode combinée comprenant une électrode de verre et une électrode de référence au calomel. On réalise deux mesures: le pH eau et le pH KCl dans une suspension de terre fine dont le rapport liquide/terre est égale à 1/2.5.

Le fer est dosé par colorimétrie avec l'orthophénantroline. Le phosphore total est dosé par colorimétrie automatique avec formation d'un complexe jaune de phosphomolybdate qui est réduit par l'acide ascorbique et prend une couleur bleue. La réaction se déroule à froid ( méthode de Murphey et Riley ).

Le phosphore assimilable est extrait ( méthode Olsen modifiée par Dabin ) par une solution de bicarbonate de sodium et de fluorure d'ammonium tamponnée à pH 8.5.

- Notion d'indice de différenciation texturale (IDT) : Il permet d'apprécier la différenciation d'un horizon ou d'un profil du sol. Il est défini comme suit :

$$IDTh = \frac{\% \text{ Argile considéré}}{\% \text{ Argile de l'horizon le plus pauvre en argile du même profil}}$$

$$IDTp = \frac{\% \text{ Argile de l'horizon le plus riche en argile}}{\% \text{ Argile de l'horizon le plus pauvre en argile}}$$

## **Chapitre 3 : Etude du secteur de Tinkoto**

### **1. Matériel**

#### **1. 1 Cadre géologique local**

Les formations géologiques, de Tinkoto appartiennent à la série de Mako. Elles comprennent deux unités géologiques de nature différente. Le massif granitique intrusif post-tectonique, de forme grossièrement circulaire, d'environ 5 km de diamètre (Figure 6). C'est un granodiorite à deux micas et amphibole, recouvert en grande partie par un puissant manteau d'altération latéritique dont les entailles mettent à jour la roche saine. Il porte de nombreuses enclaves basiques et des veinules d'aplite et il est accompagné d'un important cortège de filons de quartz minéralisées et de pegmatites. Une grande ceinture de buttes basiques et ultrabasiqes sous forme de chapelets surplombe ce granite dans sa partie nord. Ces buttes sont constituées de gabbro et de pyroxénites.

## 1.2 Cadre géomorphologique local

La géomorphologie de Tinkoto indique un façonnement lié à l'évolution de son réseau hydrographique plus ou moins digité. Il correspond à un système de glacis étagés, façonnés au Quaternaire ancien et moyen : le haut-glacis à cuirasse fortement démantelée, le moyen-glacis à cuirasse encore intacte, occupant la majeure partie de la superficie de Tinkoto et le bas-glacis peu ou pas cuirassé. Le passage entre les glacis est assuré par des versants en pente moyenne, caractérisés par une évolution pédologique très active. Ces vastes surfaces cuirassées s'étalent sur le massif granitique. Une vaste dépression sépare cette zone et ses abords d'une grande ceinture de buttes de roches basiques. Celles-ci sont rarement cuirassées, mais portent les témoins d'une altération latéritique et d'un cuirassement ancien. C'est le cas de la butte nord-ouest de la zone, coiffée d'une cuirasse relictuelle du relief intermédiaire (Figure 7)

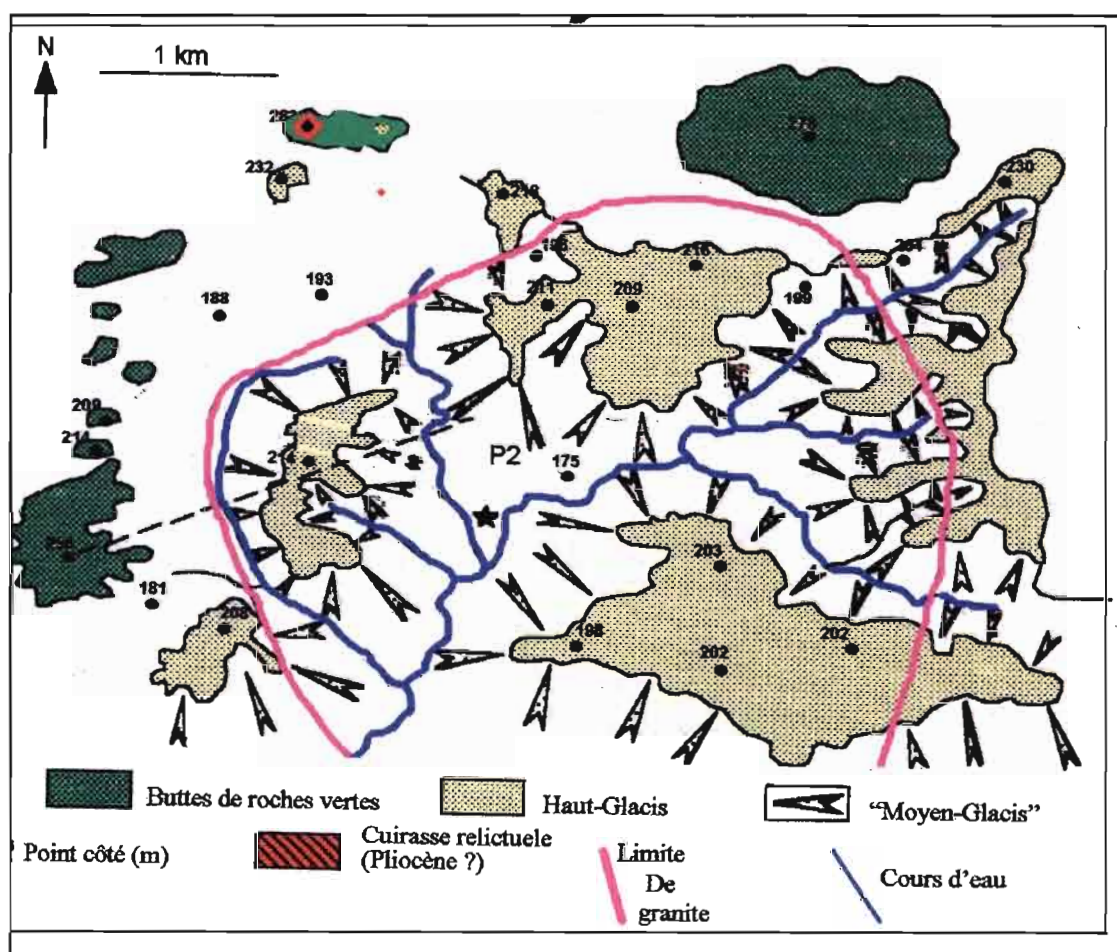
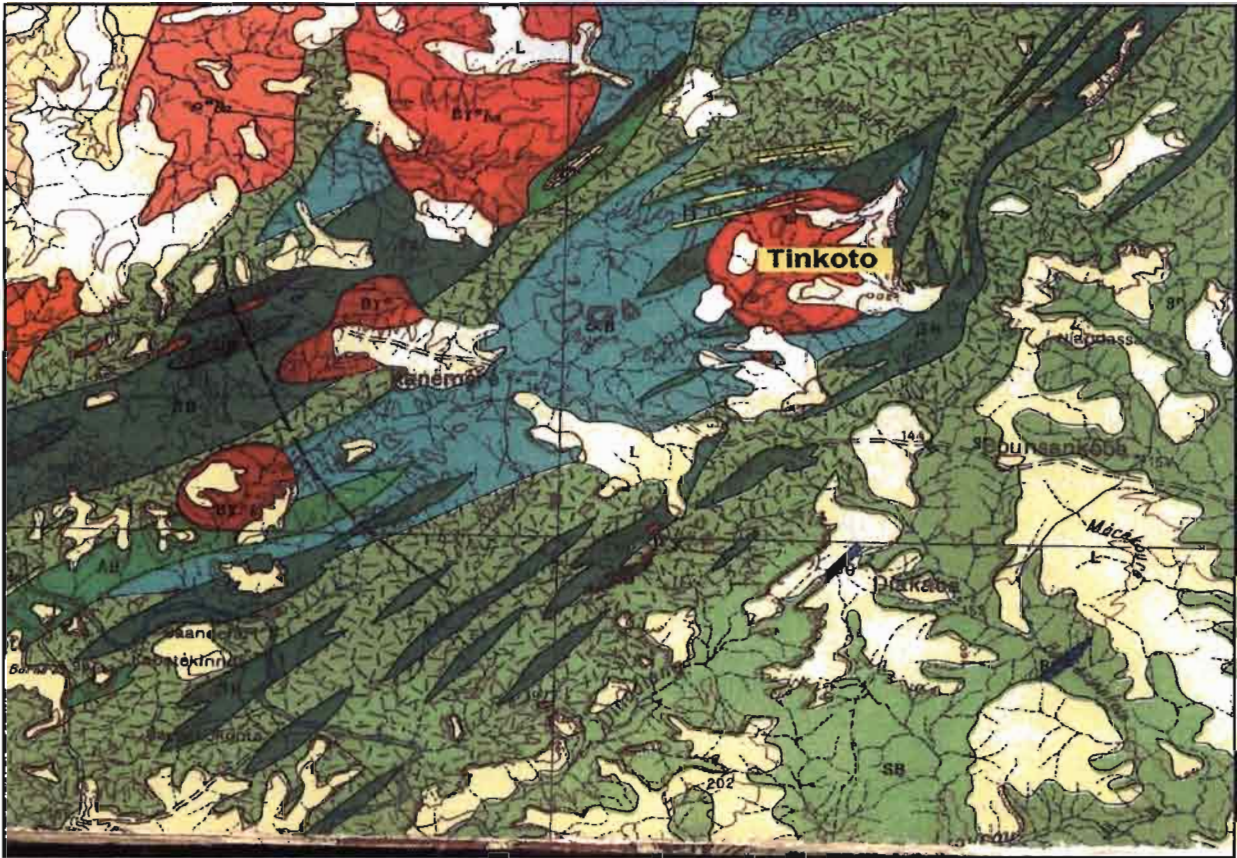


Figure 7. Cadre géomorphologique du secteur de Tinkoto, (Bauvais et al 1999)

12 °10

12°50

12°50



12 °10

Légende



Cuirasse Birrimien Amphibolites Roches volcaniques à tendance neutre Birrimien indifférencié Roches volcaniques Granite atectonique Granite syntectonique



Filons de quartz



Faille

Echelle 1/200.000

Figure 6. Contexte géologique de Tinkoto et ses environs (extrait de la carte géologique du Sénégal au 1/200.000, feuille de Kédougou)

## **2. Les formations cuirassées.**

Il s'agit d'altérations ou de manteaux d'altération essentiellement argileux, riches en fer et dont les horizons supérieurs ont été cuirassés par accumulation du fer. Les cuirasses constituent souvent un revêtement protecteur pour les niveaux sous-jacents. Cet ensemble constitue ce qu'on appelle profil cuirassé. Un profil cuirassé complet est essentiellement constitué de bas en haut par : la roche saine, les argiles bariolées, les argiles tachetées, la carapace et la cuirasse parfois très épaisse

La délimitation des formations cuirassées peut se résumer à celle de la cuirasse, car celle-ci constitue généralement leur témoin indéniable partout où elle apparaît.

### **2. 1. Limites de la cuirasse dans la zone de Tinkoto**

L'ensemble du plateau cuirassé de cette zone est limité au Nord et à l'Est par des bordures discontinues et très escarpées, du haut glacis. Ces escarpements sont généralement constitués par de gros blocs de cuirasse parfois fissurés. De vastes surfaces en pente douce recouvertes par des gravillons et des plages de sable s'étalent aux pieds de ces petites falaises. Celle de la bordure nord-est est entaillée par un marigot qui la sépare du glacis de pied-mont du grand massif basique de Tinkoto recouvert d'éboulis de roche basique.

A l'Ouest et au Nord-Ouest, le plateau cuirassé est limité par des bordures en pente douce du moyen glacis parcourues par un marigot qui permet la mise en place des alluvions récentes. Sur ces bordures, la cuirasse du moyen glacis est fréquemment démantelée sous forme de gradins. Enfin au Sud, le plateau cuirassé est limité essentiellement par les bordures en pente douce du moyen-glacis. Dans sa partie centrale, le plateau cuirassé est fortement entaillé par le marigot de Tinkoto et ses affluents qui permettent la mise à jour du granite sous-jacent (Figure 7).

## 2. 2. Caractéristiques de la cuirasse

La cuirasse présente des faciès variables selon qu'elle couvre un manteau d'altération sur substratum basique, acide ou neutre.

La cuirasse sur substratum granitique de Tinkoto présente une morphologie très caractéristique. Elle a une épaisseur moyenne de 1 à 3 m : elle est généralement très indurée et se présente sous deux formes :

- quand elle n'est pas dégradée, elle se présente sous forme de dalle plus ou moins diaclasée (faciès massif) ;
- quand elle est dégradée, elle apparaît très vacuolaire, formée de nombreux nodules souvent gravillonnaires cimentés par une matrice argilo-sableuse ocre (planche 1, figure 1).

Le manteau d'altération est largement dominé par les argiles tachetées kaoliniques. L'altération smectitique est d'aspect très réduit quand elle n'est pas totalement absente. L'épaisseur du manteau d'altération dépasse les 50 m (Ritz *et al.* 1999).

La cuirasse sur roche basique (limitée sur la butte de Labassala) offre des caractéristiques nettement différentes : son épaisseur dépasse les 8 m, elle est très dure et massive, les nodules gravillonnaires sont plus nombreux quand elle est dégradée, la fissuration est rare (planche 1, figure 2).

## 2. 3 Le démantèlement de la cuirasse et la formation de sols

Les phénomènes de dégradation de cuirasses ferrugineuses dans les pays ouest africains ont été abordés par beaucoup d'auteurs (Chelat, 1938 ; Aubert, 1949 ; Fournier et Maignien, 1956 ).

D'après ces auteurs, les mécanismes de dégradation des cuirasses sont pour l'essentiel attribués aux actions d'origine superficielle, consécutives à la mise en affleurement de la cuirasse.

Mais Leprun (1970 ; 1971 et 1977) a mis en évidence l'existence d'un mécanisme interne qui aboutit à la dégradation interne et basale de la cuirasse ferrugineuse. Il constitue le mécanisme de dégradation de cuirasse le plus important et qui contribue aux différents cuirassements actuels.

La dégradation superficielle est essentiellement mécanique, elle aboutit à la faveur des eaux de ruissellement à la formation de gravillons. La dégradation interne et/ou basale est par contre essentiellement physico-chimique, elle aboutit sous l'influence des eaux d'infiltration et des alternances d'humectation et de dessiccation à la formation d'horizons A2 sableux meubles.

Selon Leprun (1979), ces deux mécanismes interne et basal sont préparés et orientés par des mécanismes de pédoplasation et de pédoturbation (*cf.* annexe 2). Ceux-ci, d'ordre micromorphologique, sont désignés sous le terme de pré-dégradation.

Exceptée la pré-dégradation qui est générale à toutes les cuirasses, l'intensité et les manifestations de ces deux mécanismes sont variables selon que la cuirasse est sur substratum acide ou basique.

Ainsi, la dégradation superficielle prévaut dans la cuirasse sur roche basique ou à tendance basique. Par contre sur substratum acide ou neutre, c'est la dégradation interne ou basale qui y trouve un terrain de choix.

### **2. 3. 1 Démantèlement de cuirasse sur granite de Tinkoto**

Le démantèlement de la cuirasse sur granite plateau cuirassé libère d'énormes bancs de cuirasse disjoints dont on retrouve quelques fragments le long du versant du plateau cuirassé et dont la taille décroît vers l'aval. Lorsque le versant est en pente douce, le gradient de la taille des éboulis est peu sensible ils forment alors des gradins jusqu'au niveau de l'incision du cours d'eau.

Dans les parties centrales du plateau cuirassé, la cuirasse, d'aspect massif est généralement enfouie dans une couverture gravillonnaire, peu épaisse (environ 40 cm), et colonisée par un champ de termitières champignons (planche 2, figure 4). Parfois, elle affleure sous ce même aspect, sous forme de petits bowé parfois effondrés et fissurés.

Ces observations montrent que la dégradation superficielle serait faible lorsque la cuirasse affleure (sur les bordures du plateau cuirassé). Elle est plus importante quand la cuirasse est recouverte (dans les parties centrales du plateau cuirassé), et contribue à augmenter l'épaisseur du niveau de couverture gravillonnaire. La dégradation interne et basale serait plus intense en bordures du plateau cuirassé et dans les effondrements centraux où affleure la cuirasse à la faveur de fissures.

En effet la cuirasse est massive et continue, rarement diaclasée au centre du plateau cuirassé. Le démantèlement superficiel est rendu favorable par l'infiltration de l'eau de pluie à travers la couverture (sol gravillonnaire) et à sa circulation sur la cuirasse qui constitue un niveau d'obstacle.

La dégradation interne et basale se manifeste par la formation des fissures qui s'accroissent avec la circulation de l'eau. Il y a séparation des blocs de cuirasse et éluviation des éléments fins.

### **2. 3. 2 Démantèlement de la cuirasse sur roche basique dans la zone de Tinkoto**

La cuirasse sur roche basique couvre les surfaces très réduites du relief intermédiaire (Figure 7) sous forme d'inselbergs (cas de la colline de Labassala). Elle est très dégradée, mais encore épaisse ( plus de 10 m), avec une nodulation très développée. Elle se présente sous forme de blocs de grandes dimensions sur les bordures du massif, parfois isolés (planche 1, figure 2).

Le démantèlement interne et basal est dominé par le démantèlement superficiel qui aboutit à la formation de nodules gravillonnaires. Mais celui-ci paraît moins important, car la cuirasse garde encore une épaisseur considérable. Cette résistance au démantèlement est liée aux caractères intrinsèques de l'ensemble cuirasse-carapace : dureté, aspect massif et fin...

### **2. 3. 3 Du démantèlement de la cuirasse à la formation de sols**

Le démantèlement de la cuirasse, lors qu'elle est intense, peut être à l'origine des horizons pouvant donner des sols (Leprun, (1979). Ceux-ci se développent soit sur la carapace dégradée, soit sur l'altération argileuse sous-jacente, soit sur les débris de cuirasse (ses matériaux sont dans ce cas des roches mères pour ces sols).

Cette dégradation est vraisemblablement une altération secondaire au cours de laquelle les minéraux secondaires sont dissouts puis reprecipités. Il en résulte des transformations minéralogiques (par exemple intégration du fer dans le réseau de la kaolinite, ou de l'aluminium dans celui de la goethite) et des modifications de leur taille et de leur distribution, favorisant la dégradation (Ambrosi, 1984).

Les sols ainsi formés se répartissent en fonction de la nature du substratum, de l'allure du modelé et de l'intensité de la dégradation.

**a. Sols sur cuirasse peu démantelée ou nue**

La cuirasse peut être affleurante ou subaffleurante, recouverte alors par un horizon humifère gravillonnaire (environ 40 cm) à terre fine souvent limoneuse ou argileuse. Le matériel fin provient du ruissellement et de la remontée biologique (action des termites).

**b. Sols sur cuirasse à démantèlement de surface dominant**

Ces sols se développent sur un matériau gravillonnaire issu de la cuirasse. Ils sont squelettiques ( peu épais, pauvres en terre fine) (cf chapitre étude de sols). Leur pédogenèse est commandée par la circulation de l'eau et l'action des racines au sein de la cuirasse, à la faveur des diaclases et du déchaussement des nodules. La nature de la cuirasse et l'intensité du démantèlement orientent le faciès du sol formé. Il peut être ferrugineux s'il est bien drainé, ou hydromorphe s'il est engorgé en profondeur.

**c. Sols sur cuirasse ferrugineuse à démantèlement interne et superficiel concomitants**

Le sol formé se différencie à mesure que se dégrade la cuirasse. La cuirasse dégagée de ses produits grossiers libère une importante fraction de terre fine issue de la matrice. Le sol a un faciès ferrugineux tropical lessivé avec un séquum (couple d'horizons éluvial-illuvial (A2-B)) et se situe entre deux portions du plateau cuirassé ou sur un ancien emplacement du plateau cuirassé.

**d. Sols sur cuirasse ferrugineuse à démantèlement interne et basal dominant.**

Le sol se développe sur les horizons argileux du manteau d'altération peu épais. Il présente un profil inter grade entre le sol ferrugineux et le sol brun eutrophe.

**e. Sols sur cuirasse ferrugineuse entièrement démantelée**

L'armature cuirassée est complètement désorganisée. Seuls persistent, quelques nodules, du sable et de l'argile. On distingue plusieurs cas de figure selon la nature de l'altération sous-jacente et la topographie :

### **$\alpha$ Sur altération kaolinique tachetée sur granite**

Généralement c'est le sol ferrugineux tropical lessivé qui se développe sur un tel substrat. Le faciès de ce sol dépend du comportement du fer au sein des argiles et de la proportion de ces dernières. Lorsque la ségrégation du fer se fait sous forme de tâches, on a un sol ferrugineux à tâches. Lorsque la ségrégation du fer est bien avancée sous forme de nodules, on a un sol ferrugineux à tâches et à concrétions. Si le concrétionnement est très important dans la partie supérieure, on a un sol ferrugineux carapacé. Enfin lorsque l'importance de la fraction argileuse entraîne une imperméabilité en profondeur, on obtient un sol ferrugineux à pseudogley.

### **$\beta$ Sur altération smectitique (altération pistache)**

Dans le cas où cette altération arrive en surface par suite d'une profonde troncature des horizons supérieurs, il s'y développe des sols bruns eutrophes ferruginisés, des sols bruns eutrophes vertiques et des vertisols et paravertisols. Ces sols engagent deux types de matériaux argileux, l'un kaolinique et ferruginisé hérité de la cuirasse, l'autre montmorillonitique.

Ces sols se localisent souvent en bas de pente des versants des plateaux cuirassés. On y trouve très souvent des éléments grossiers anguleux issus de l'altération de roches acides et basiques.

### **3. Conclusion.**

Une bonne partie de la superficie la zone de Tinkoto est occupée par la cuirasse. La dégradation de cette cuirasse encore importante aujourd'hui, est le résultat de la convergence des mécanismes physico-chimiques et mécaniques (Leprun, 1979). L'intensité et les manifestations de ces mécanismes dépendent de la nature du substratum. Les mécanismes superficiels, plus importants sur cuirasse sur substratum basique, les mécanismes interne et basal plus importants sur cuirasse sur substratum acide.

L'intervention des processus pédologiques, à la faveur du ruissellement, de l'infiltration des eaux de pluie et des actions biologiques (termites, micro-organismes et pénétration des racines), conduit à la formation de sols à partir de la cuirasse et de l'altération argileuse sous-jacente. Ces matériaux fonctionnent comme de véritables roches mères.

La répartition de ces sols, se fait en fonction de la topographie et sont ordonnés en chaînes de sols au catena. Les positions exondées sont occupées par des sols à faciès ferrugineux, les positions basses ou inondables par des sols à faciès vertique intégrant deux types d'argile (kaolinite héritée et montmorillonite). Entre les deux faciès, il existe plusieurs inter grades.

Cependant, il est à noter que, pour un même substratum, les conditions géomorphologiques de la cuirasse ont un rôle déterminant sur la nature de sols qui résultent de son démantèlement. Dans la zone de Saraya par exemple, le cuirassement est faible, limité par un horizon gravillonnaire à peine induré. Par contre à Tinkoto, le cuirassement est mieux développé et plus massif. Il s'en suit des sols et des aptitudes culturales différents, ce qui implique que le démantèlement de cuirasse sur deux granites peut donner deux types de sols, selon les conditions géomorphologiques du milieu.

#### **Chapitre 4. Résultats de l'étude monographique des sols issus du démantèlement de la cuirasse dans le secteur de Tinkoto**

Nous avons observé 5 différents types de sols issus du démantèlement de la cuirasse : les sols sur cuirasse, les sols peu évolués, les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les vertisols et les sols bruns eutrophes. Nous n'avons pas pu creuser de fosses sur les versants en pente plus ou moins forte, par conséquent, les sols peu évolués n'ont pas pu être étudiés.

Les sols étudiés seront caractérisés d'un point de vue morphologique et chimique.

##### **1. Situation des profils étudiés**

| Profils | Longitude<br>(UTM) | Latitude<br>(UTM) | Altitude<br>(m) |
|---------|--------------------|-------------------|-----------------|
| TK2     | 814.39             | 1431.65           | 188             |
| TK12    | 810.90             | 1431.51           | 171             |
| TK8     | 810.96             | 1430.29           | 180             |
| TK7     | 811.22             | 1430.77           | 183             |
| TK5     | 811.31             | 1431.42           | 182             |
| TKIII   | 813.26             | 1429.34           | 189             |

Tableau 1. Coordonnées géographiques des profils.

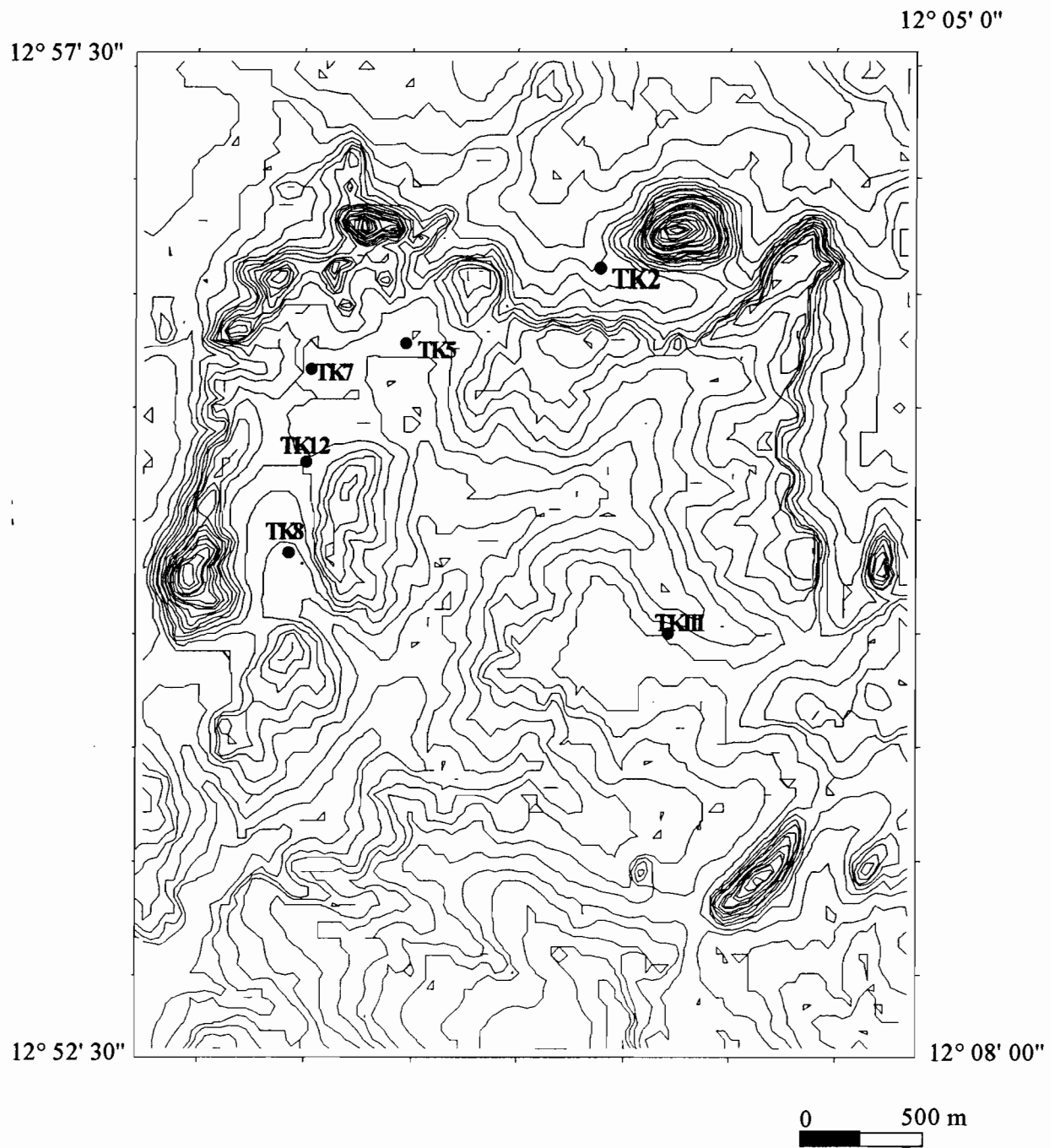


Figure 8. Carte topographique et situation des profils étudiés.

## **2. Caractéristiques morphologiques des sols étudiés.**

La situation des profils est donnée dans la figure 8.

### **2. 1. Sols sur cuirasse.**

Une bonne partie de la zone de Tinkoto est occupée par la cuirasse sous forme de plateaux cuirassés. Ces vastes surfaces parfois légèrement ondulées se raccordent au reste du paysage par des versants à éboulis en pente plus ou moins forte. Elles portent un sol très squelettique, peu épais, constitué essentiellement par les produits d'altération de la cuirasse, non structurés. La surface du sol est jonchée de débris de cuirasse épars (planche 3, figure 5). Elle est recouverte par une végétation herbacée, parfois arbustive (planche 2, figure 4). En bordure la cuirasse affleure en blocs plus ou moins démantelés. Le profil correspondant à ce sol est TKIII.

Ce profil se situe sur un glacis en pente douce, il ne contient que deux horizons. L'horizon de surface de 36 cm d'épaisseur (horizon (A)), constitué essentiellement de gravillons (de taille  $0.5 \leq \Phi \leq 1$  cm) et d'une faible quantité de terre fine à dominante limono-sableuse (à sable grossier) de couleur rouge jaunâtre. La porosité est très bonne (matériau filtrant), la cohésion très faible (matériau meuble), les racines très peu nombreuses et l'activité biologique faible. L'horizon inférieur, est constitué par la cuirasse (horizon C).

La description détaillée du profil a été faite à la faveur d'une entaille de rigole rafraîchie.

### **2. 2. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés**

A Tinkoto ces sols s'observent généralement au milieu des plaines alluviales situées entre deux portions du plateau cuirassé où ils se développent sur des matériaux argilo-sableux à sablo-argileux, et se caractérisent par le faible colmatage des axes de drainage. On les rencontre également à l'emplacement d'une ancienne cuirasse en juxtaposition avec les sols peu évolués. Nous avons décrit les sols qui se développent sur des glacis en pente douce, le profil correspondant à ce sol est TK7.

Ce profil est relativement peu différencié. L'indice de différenciation texturale (IDT), calculé est de 1.6, correspondant à une faible différenciation des horizons du profil. Cela est conforté par l'homogénéité de sa structure, sa texture, sa cohésion et sa porosité (estimée sur le terrain). La texture présente une certaine dominance constante limono-argileuse sur l'ensemble du profil. On note cependant quelques gravillons mal répartis dans l'horizon supérieur. La structure de l'horizon superficiel est à tendance grumeleuse, celle des horizons profonds est massive. Les teintes sont rougeâtres et moins vives en profondeur. A ce niveau se manifeste (surtout dans l'horizon plus riche en argile) une ségrégation du fer sous forme de tâches bien délimitées et de petites concrétions ferrugineuses molles de la taille des gravillons.

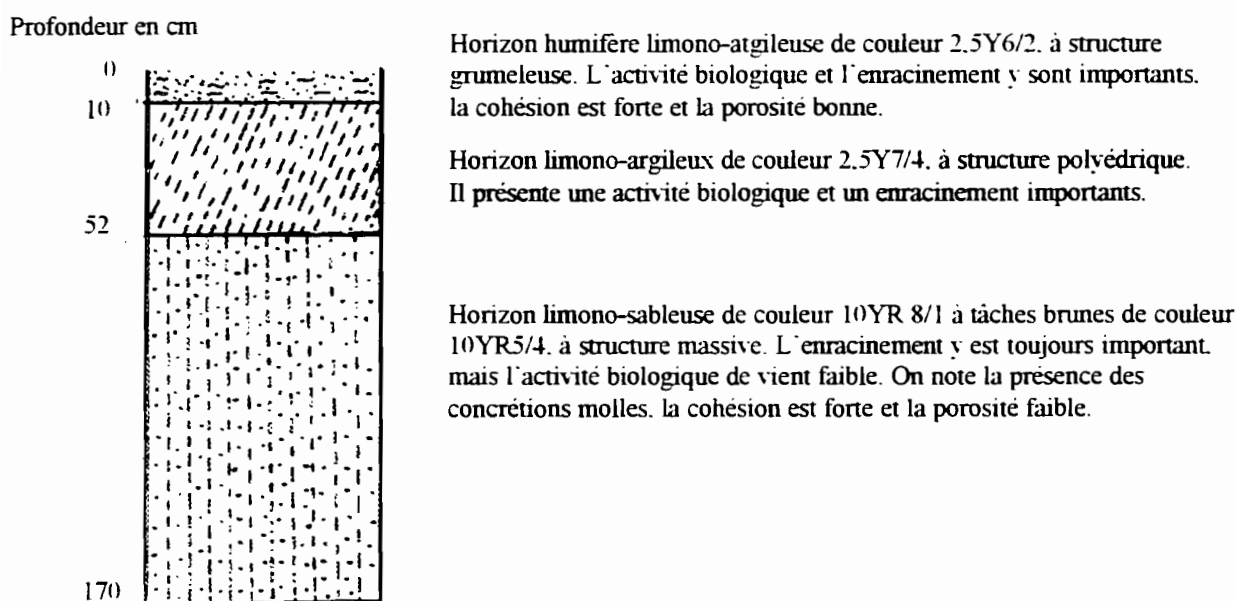


Figure 9. Profil TK7

### 2. 3. Les Vertisols.

Ces sols se développent sur des matériaux de mélange situés entre le plateau cuirassé et les affleurements de granite et de gabbro ou de diorite. Leurs profils contiennent beaucoup de gravillons, de cailloux et même de blocs de roches (de granite ou de roche basique, ou les deux à la fois, selon la proximité de l'une ou de l'autre, de la zone du mélange). Trois profils ont été étudiés pour les vertisols : TK2, TK12, TK8.

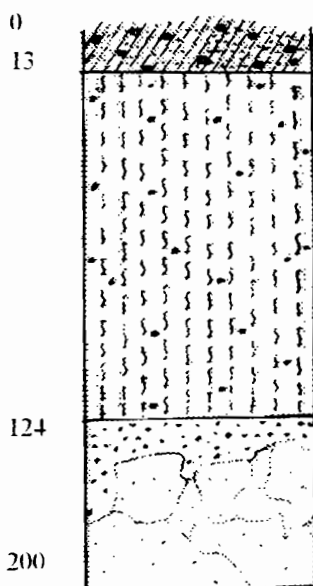
L'ensemble des mécanismes qui participent à partir des matériaux de mélange à la formation de ces sols montre une forte convergence de leurs caractères morphologiques. Cela révèle leur appartenance à un cadre hydrodynamique et pédologique semblable. L'étude de ces trois profils a permis de mettre en évidence leurs similitudes.

Ils ont toujours un horizon humifère sombre (de 15 à 25 cm d'épaisseur) à structure grumeleuse peu développée qui surmonte un horizon gravillonnaire. Les gravillons de même taille (0.5 cm environ) se retrouvent bien repartis dans l'ensemble des horizons profonds plus argileux. Les tâches de pseudogley présentes toujours en profondeur s'expriment de la même manière, sauf dans le profil TK12 où elles sont plus importantes et leur coloration plus accentuée à cause soit de la plus grande profondeur, soit de sa position (proche de l'axe de drainage).

La structure de ces sols est toujours fine en surface, plus ou moins grossière en profondeur. Elle est en effet grumeleuse à tendance polyédrique en surface et devient franchement polyédrique, parfois débitée en plaquettes en profondeur où l'épaisseur et l'argile deviennent de plus en plus importantes.

La porosité estimée sur le terrain semble par contre n'être forte que dans les horizons de surface. L'activité biologique très intense à ces niveaux, est marquée par la présence de petites galeries et de tubules. Les fentes de retrait sont nombreuses et de 0.5 à 3 cm de large.

Profondeur en cm



Horizon humifère argilo-limoneuse de couleur 2.5Y6/2, à structure grumeleuse. On y trouve des fentes de retrait verticales et obliques de 0.5 à 3 cm de large, des gravillons et cailloux de roches altérées (acide et basique). L'activité biologique et l'enracinement sont intenses. La cohésion et la porosité sont importantes.

Horizon argilo-limoneux humide de couleur 2.5Y6/1 à structure polyédrique à débit cubique, et à mottes plastiques. Les fentes de même direction sont toujours nombreuses. On note la présence des tâches ocre et brunes, des gravillons, des cailloux et blocs anguleux de roche altérée. La porosité y est médiocre. L'enracinement et l'activité biologiques sont rares.

Horizon de couleur 2.5Y6/1, très humide à structure conservée de la roche avec des minéraux alterables abondants (feldspaths K, quartz, micas). Il s'agit d'une arène granitique.

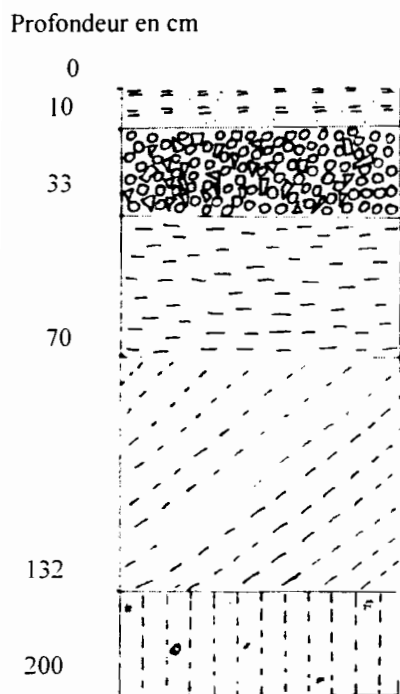


Figure 11. Profil TK12

Horizon humifère argilo-limoneuse de couleur 2.5Y5/2, à structure grumeleuse. L'activité biologique et le développement racinaire sont importants, la cohésion est moyenne. On y trouve de nombreuses fentes de retrait de 0.5 cm de large et des gravillons arrondis à la base. La porosité est essentiellement liée à l'activité biologique.

Horizon gravillonnaire à terre fine argilo-limoneuse à structure polyédrique. Il porte des nodules ferrugineux émoussés mêlés à des cailloux et blocs de roches altérées. Il n'y a pas de fentes, ni de racines et l'activité biologique est faible.

Horizon argileux de couleur 2.5Y5/3 à structure polyédrique à tendance prismatique. Les fentes de retrait sont très nombreuses, leur taille varie entre 0.5 et 2.5 cm de large. Les nodules deviennent plus nombreux et plus luisants, toujours accompagnés de cailloux et blocs anguleux de roches altérées. La porosité, l'activité biologique et le développement racinaires sont nuls. On note la présence des tâches ocres et rougeâtres de psodogley vers le sommet.

Horizon argileux très plastique et humide de couleur 2.5Y6/3 à structure polyédrique à tendance prismatique. Les fentes de retrait présentent des slickensides, les racines, l'activité biologique et la porosité sont nulles. Vers la base, on note l'apparition des blocs et des cailloux anguleux de roches altérés.

Matériau humide à structure conservée de la roche de couleur 5Y7/6, contenant de nombreuses tâches de couleur 5YR6/5. Les fentes sont toujours visibles. On note plusieurs blocs de granite, mêlés aux nombreux minéraux non altérés de quartz, de feldspath potassique et de micas. Il s'agit d'une arène granitique.

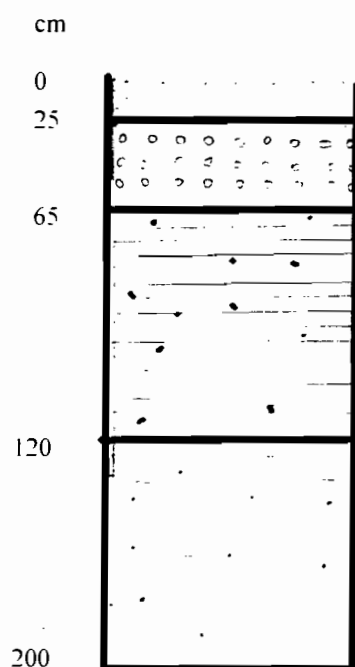


Figure 12. Profil TK2

Horizon humifère argilo-limoneux de couleur 2.5Y5/1, à structure grumeleuse. Il contient plusieurs fentes de retrait et des gravillons ferrugineux arrondis. L'activité biologique et l'enracinement sont intenses.

Horizon gravillonnaire d'épaisseur variable (15 à 40 cm), contenant des cailloux anguleux de roches altérées et des grains de quartz. La terre fine est argileuse de couleur 2.5Y7/2 et à structure polyédrique.

Matériau de couleur variable (5Y7/2 et 5Y6/3 (proche du cours d'eau) à texture argilo-limoneuse. Les fentes de retrait sont peu nombreuses et portent des slickensides. La structure est polyédrique avec un débit cubique. La porosité, l'activité biologique et l'enracinement sont nuls.

Matériau présentant une variation d'épaisseur et de couleur (5Y7/4 et 5Y6/2 sur le plan latéral. On note la présence de blocs de roches sombres. Plus on s'éloigne du cours d'eau et plus l'horizon présente un matériau à structure orientée (schisteuse). Les racines et l'activité biologique sont rares.

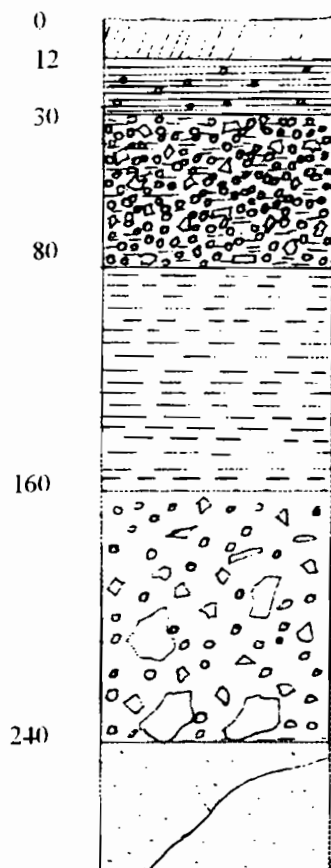
## 2. 4. Les sols bruns eutrophes

Nous les avons observés sur des surfaces en pente douce liées au plateau cuirassé, relativement bien drainées. Ils se développent sur des matériaux argileux issus des roches basiques et ultra basiques, et sur des matériaux d'altération issus de roches basiques et acides et de la cuirasse. Le profil de sol étudié est nommé TK5.

Le profil TK5 présente une profondeur importante (environ 300 cm). Les horizons sont fortement bien différenciés (indice de différenciation texturale (IDT) calculé est supérieur à 6). Il présente un horizon humifère à structure grumeleuse, de couleur sombre. En profondeur, il est marqué par une alternance des horizons brunifiés argilo-sableux et des horizons gravillonnaires toujours caillouteux (quartz, roches altérées acide et basique). Le caractère vertique est absent sur les horizons gravillonnaires. Malgré la présence de nombreuses fentes de retrait (dans les horizons argileux), la structure est plus ou moins fine (polyédrique) depuis l'horizon humifère superficiel jusqu'au matériau sous-jacent (arène granitique).

Les horizons les plus argileux semblent être marqués par un phénomène d'engorgement temporaire (du fait de leur très mauvaise porosité), et par la présence de tâches de pseudo-gley (de couleur ocre et grisâtre). La porosité estimée sur le terrain semble surtout liée à l'importance de l'activité organique en surface et à l'abondance des gravillons en profondeur.

Profondeur en cm



Horizon humifère argilo-limoneux de couleur 2.5Y7/6 à structure grumeleuse, contenant plusieurs fentes de retrait. La cohésion d'ensemble est moyenne, l'enracinement et l'activité biologique sont très intenses. La macro-porosité est essentiellement liée aux fentes de retrait.

Horizon plus ou moins humifère, argilo-limoneux de couleur 2.5Y6/3 et à structure polyédrique. Il contient des gravillons arrondis. Les fentes sont encore plus nombreuses, la cohésion est plus forte. Le système racinaire peu développé et l'activité biologique toujours intense

Horizon gravillonnaire de couleur 10 R4/5, contenant des cailloux anguleux de quartz et de roches altérées. La terre fine est argilo-sableuse à structure polyédrique. L'horizon est fragmentaire.

Horizon humide argileux de couleur 2.5Y7/2, à structure polyédrique avec un débit en plaquettes. Les fentes de retrait apparaissent plus larges de 5 cm, les racines et l'activité biologique se rarefient. On note quelques gravillons et grains de quartz dispersés dans la matrice. Plusieurs tâches ocre et grisâtres se trouvent bien représentées dans la partie supérieure de l'horizon.

Horizon gravillonnaire contenant des cailloux et des blocs anguleux de roches altérées, parfois à bords très tranchants. La terre fine est argileuse de couleur 2.5Y8/7. Les racines et l'activité biologique sont nuls, les fentes de retrait sont absentes.

Matériau de couleur 5Y8/7, à texture argilo-limoneuse, à structure conservée de la roche mère (granite), contenant des minéraux non altérés (feldspaths potassique, quartz, micas.). Les fentes redeviennent plus importantes.

Figure 13. Profil TK5

### 3. Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

#### 3. 1. Granulométrie.

Les résultats de l'analyse granulométrique effectuée sur les échantillons prélevés sur tous les profils étudiés sont présentés dans le tableau 2 et à la figure 14 et 25. L'appréciation des textures a été faite à l'aide du triangle de texture (*cf.* annexe 1 ).

| Profil | ANALYSE GRANULOMETRIQUE |                  |             |                   |                        |                   |                        |       |
|--------|-------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------|
|        | N°                      | Profondeur<br>Cm | argile<br>% | limon<br>fin<br>% | limon<br>grossier<br>% | sable<br>fin<br>% | sable<br>grossier<br>% | total |
| TK2    | 25                      | 65               | 35.6        | 12.7              | 6.2                    | 3.6               | 43.4                   | 101.5 |
|        | 26                      | 120              | 42.0        | 14.8              | 7.0                    | 3.0               | 34.4                   | 101.2 |
|        | 27                      | 200              | 44.5        | 19.9              | 12.3                   | 4.9               | 19.7                   | 101.3 |
| TK5    | 30                      | 30               | 34.0        | 30.5              | 24.2                   | 8.2               | 4.6                    | 101.5 |
|        | 31                      | 152              | 45.8        | 18.7              | 8.0                    | 3.9               | 22.1                   | 98.5  |
|        | 32                      | 232              | 49.9        | 15.2              | 5.1                    | 4.4               | 25.4                   | 100.0 |
|        | 33                      | 300              | 7.7         | 29.8              | 18.1                   | 19.9              | 26.7                   | 102.2 |
| TK7    | 34                      | 5,89             | 20.9        | 13.8              | 27.3                   | 9.8               | 29.6                   | 101.4 |
|        | 35                      | 5,58             | 34.7        | 14.5              | 24.7                   | 8.1               | 19.8                   | 101.8 |
| TK12   | 36                      | 33               | 45.5        | 16.4              | 7.8                    | 9.9               | 19.6                   | 99.2  |
|        | 37                      | 132              | 52.3        | 16.8              | 8.5                    | 11.1              | 11.0                   | 99.7  |
|        | 38                      | 200              | 27.3        | 20.7              | 10.0                   | 17.1              | 23.1                   | 98.2  |
| TK8    | 39                      | 124              | 44.6        | 18.0              | 11.2                   | 5.5               | 19.1                   | 98.4  |
|        | 40                      | 200              | 32.0        | 12.5              | 5.0                    | 8.8               | 41.9                   | 100.2 |
| TKIII  | 43                      | 36               | 19.8        | 14.3              | 26.9                   | 7.8               | 32.3                   | 101.1 |

Tableau 2. Résultats d'analyses granulométriques des sols étudiés.

Le seul échantillon prélevé sur le sol sur cuirasse (TKIII) est limoneux, avec 20 % d'argile et environ 40 % de limons et de sables (tableau 2). On note également une certaine influence des fractions grossières de limon et de sable, avec respectivement 27 % et 32.3%.

Le sol ferrugineux tropical (TK7) est limoneux en surface, avec 21 % d'argile, 41.1% de limons et 39, 4 % de sable. Il devient argilo-limoneux en profondeur avec 35 % d'argile, 39.2% de limons et 27% de sables.

La composition granulométrique des vertisols (profils TK2, TK8, TK12) est essentiellement dominée par l'argile, aussi bien en surface qu'en profondeur. En profondeur il apparaît une certaine influence limoneuse, ce qui induit une texture argilo-limoneuse à ce niveau. L'horizon supérieur du profil TK2 est marqué par une influence sableuse et fait apparaître une texture argilo-sableuse. Les teneurs en argile varient entre 27 et 52%, celles des limons entre 17 et 32,2%, et celles des sables entre 22 et 51%.

Le sol brun eutrophe (profil TK5) est également marqué par cette influence argileuse. Sa texture apparaît argilo-limoneuse en surface, argileuse en profondeur, puis limoneuse au fond. Les teneurs en argile augmentent progressivement de 34 à 50% avant de chuter brusquement à 7%. Celles des limons diminuent brutalement entre le premier et le deuxième horizon, de 54 à 27%, puis progressivement de 27 à 20.3, avant de remonter à 48%. Celles des sables augmentent plus ou moins progressivement de 13 à 47%.

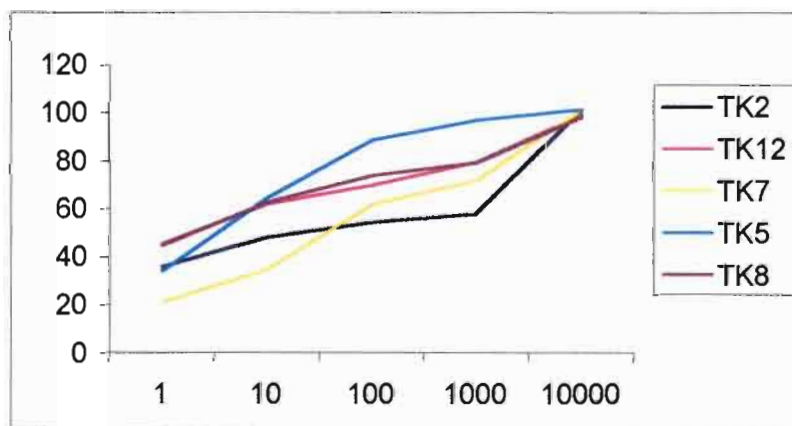


Figure 14. Courbes granulométriques

En définitive tous ces sols sont marqués par une nette dominance de textures fines, et surtout de l'argile, sauf dans le sol sur cuirasse où c'est plutôt le limon qui domine. La variation de l'argile en fonction de la profondeur dans tous les sols est représentée dans la figure 16. On constate dans l'ensemble une augmentation de l'argile avec la profondeur.

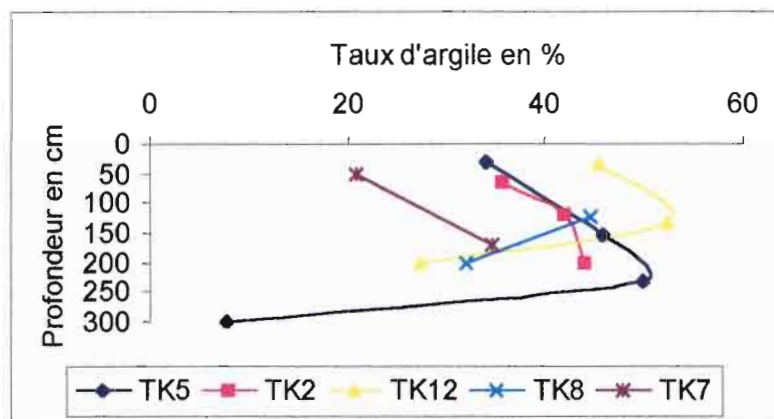


Figure 15. Variation de la teneur en argile avec la profondeur dans chaque sols étudiés.

### 3. 2. Capacité pour l'eau.

La capacité au champ (annexe 1, tableau 3) du sol sur cuirasse et du sol ferrugineux tropical est moyenne (environ 22%), et les points de flétrissement sont faibles à moyens (de l'ordre de 7 à 10.5). Il s'ensuit de réserves moyennes d'eau utile ( 12 à 13.1%). Les sols bruns eutrophes (TK5) et les vertisols (TK2, TK12, TK8) offrent de fortes valeurs de la capacité au champ (entre 26 et 41.5%). Bien que leurs points de flétrissement soient élevés (de l'ordre de 12 à 20.3 %), ils n'influent que très peu sur les réserves en eau utile. Celles-ci apparaissent faibles, moyennes à fortes en surface (9 à 15%) et fortes à très fortes en profondeur ( 15 à 20.2%).

La figure 16 donne la variation de la réserve en eau utile en fonction de la profondeur. On constate que ce paramètre augmente avec la profondeur, sauf dans le sol ferrugineux tropical et entre le premier et deuxième horizon du sol brun eutrophe

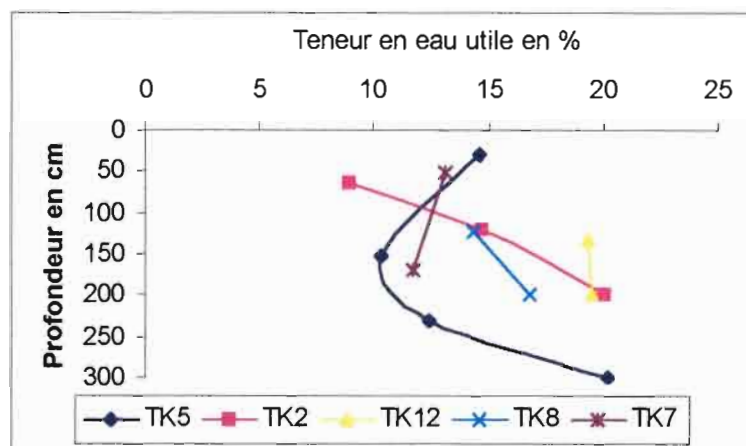


Figure 16. Variation de la teneur en eau utile avec la profondeur dans chaque sol étudié.

### 3.3. Le pH

Le sol sur cuirasse et le sol ferrugineux tropical sont acides ( $4,2 < \text{pH} < 5,34$ ), les vertisols sont neutres ou proches de la neutralité ( $6,44 \leq \text{pH} \leq 7,56$ ) et le sol brun eutrophe est légèrement acide en surface ( $\text{pH} = 5,84$ ) et neutre à alcalin en profondeur ( $7 \leq \text{pH} \leq 8,1$ ).

Dans tous les sols étudiés, le pH croît régulièrement avec la profondeur (Figure 17).

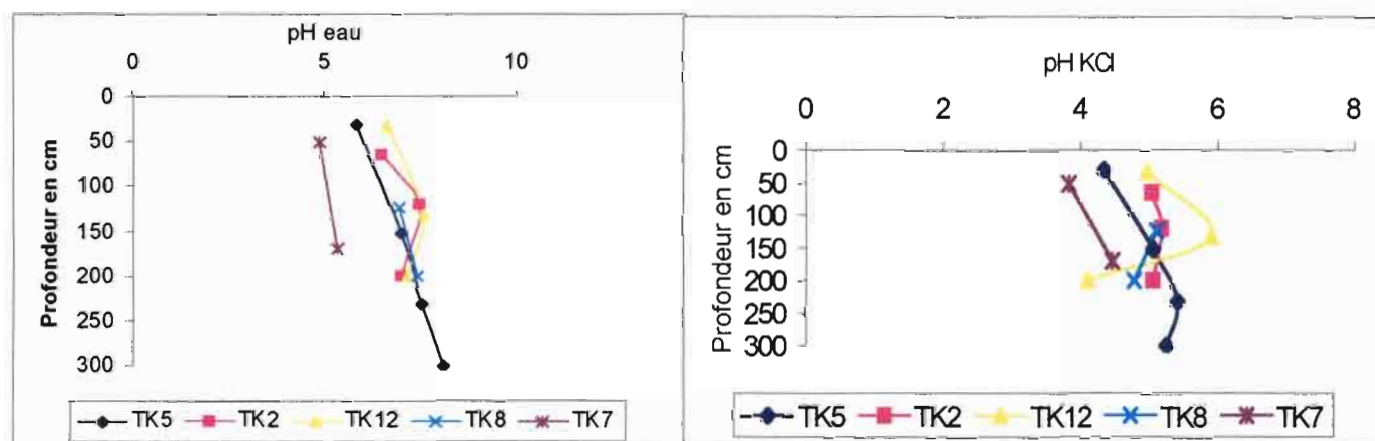


Figure 17. Variation des pH eau et pH KCl en fonction de la profondeur dans chaque sol étudié.

### 3. 4. Conductivité électrique ( CE)

Le sol ferrugineux tropical et le sol sur cuirasse donnent des valeurs de conductivité électrique comprises entre 0,014 et 0,026, correspondant au sol non salin ( $CE \leq 0,5$  dS/m). Dans les vertisols et le sol brun eutrophe, les valeurs de la conductivité électrique ( $0,018 \leq CE \leq 0,079$ ) correspondent à une très légère salinité qui diminue avec la profondeur (Figure 18).

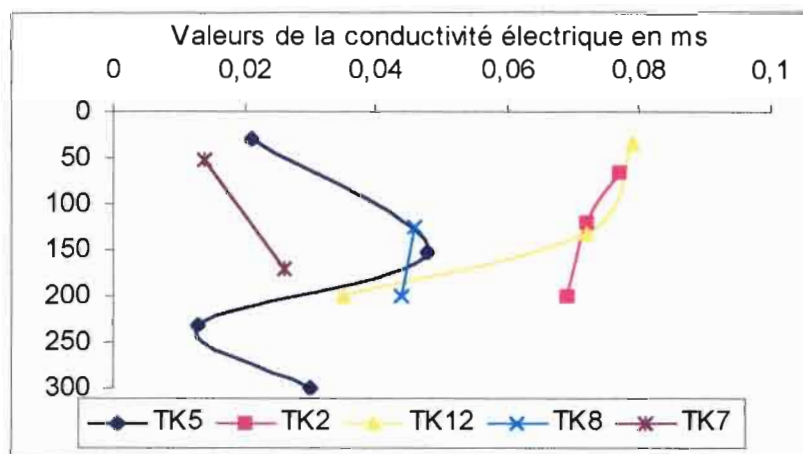


Figure 18. Variation de la conductivité électrique en fonction de la profondeur dans chaque sol étudié

### 3. 5. La matière organique

Les teneurs en matière organique sont constamment comprises entre 0,6 et 1,6 % dans les horizons supérieurs de tous les sols étudiés. En profondeur, elles varient de 0,01 à 0,6 dans les vertisols, de 0,05 à 0,3 % dans le sol brun eutrophe. La matière organique diminue vers la profondeur sur l'ensemble de sols (figure 19).

Cette matière organique paraît fortement minéralisée dans le sol sur cuirasse ( $C/N = 4,5$ ) et bien minéralisée dans le sol ferrugineux tropical et dans les horizons supérieurs du sol brun eutrophe ( $C/N$  compris entre 7,3 et 10,4). Dans les horizons profonds du sol brun eutrophe et dans les horizons supérieurs des vertisols, la matière organique est mal à très mal décomposée ( $C/N$  compris entre 14 et 28). Pour les vertisols seul le profil TK2 présente une matière organique bien décomposée tant en surface qu'en profondeur ( $C/N$  voisin de 10).

Le rapport C/N augmente avec la profondeur dans le sol brun eutrophe, mais diminue vers la profondeur dans la plupart de sols étudiés (Figure 20).

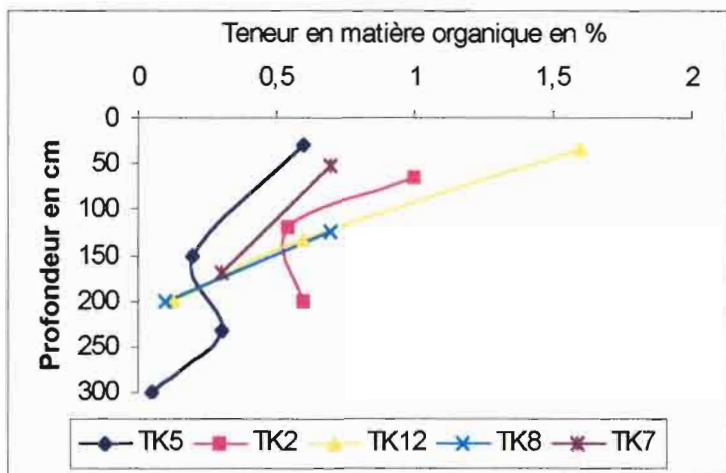


Figure 19. Variation de la matière organique en fonction de la profondeur

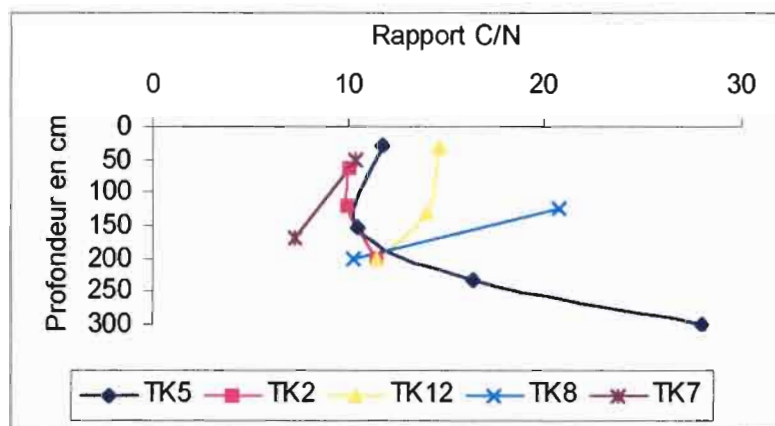


Figure 20. Variation du rapport C/N en fonction de la profondeur

### 3. 6. L'azote total

Les teneurs en azote sont en général faibles à moyennes sur l'ensemble des sols étudiés. Elles varient de 0,05 à 0,35 g/kg dans les vertisols, de 0,01 à 0,28 g/kg dans le sol brun eutrophe et de 0,04 à 0,39 g/kg dans le sol sur cuirasse et le sol ferrugineux tropical. Dans l'ensemble, les teneurs en azote diminuent vers la profondeur (Figure 21).

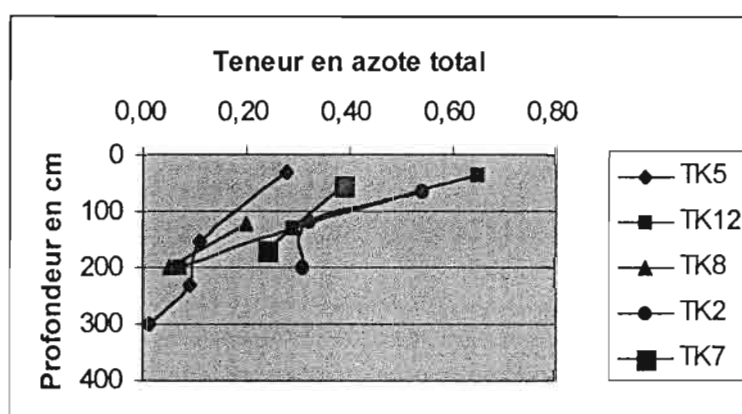


Figure 21. Variation de la teneur en azote total en fonction de la profondeur

### 3. 7. Phosphore.

Les teneurs en phosphore total sont assez dispersées d'un sol à l'autre. Elles ne sont moyennes que dans les horizons supérieurs des vertisols (profils TK2 et TK12 surtout) (111 ppm à 115 ppm). L'horizon (C) du profil TK12 indique par contre une valeur assez forte (484 ppm). Dans les horizons profonds des vertisols et dans l'ensemble des autres sols étudiés ces teneurs varient entre 12 et 81 ppm.

Le phosphore assimilable est également en faible quantité, dans l'ensemble de sols étudiés. Il l'est encore plus dans les horizons profonds. Dans les horizons supérieurs des vertisols (profils TK2 et TK12) et du sol ferrugineux tropical (profil TK7) il est respectivement égal à 2, 5 ppm ; 3,5 ppm et 2,3 ppm. En profondeur et dans l'ensemble des autres profils, il varie entre 1 et 1,7 ppm.

Le phosphore apparaît en très faible proportion dans l'ensemble de sols étudiés

### 3. 8. Le Fer total

Les teneurs en fer total sont fortes dans les vertisols. Mais leur variation avec la profondeur (figure 22) montre quelques différences. Elles diminuent régulièrement vers la profondeur dans les profils TK2 (13 à 8.99) et TK8 (7.3 à 4.13) ; elles sont presque constantes dans le profil TK12 (9 à 8).

Dans le sol brun eutrophe, les teneurs en fer total sont assez importantes dans tout le profil. L'horizon B de celui-ci présente une teneur supérieure à celle rencontrée dans le même horizon des autres profils. Ces teneurs augmentent brusquement de 6,2 à 14% à partir de l'horizon supérieur, puis elles se stabilisent avant de décroître à 3% dans les horizons profonds (Figure 23).

Dans le sol ferrugineux tropical, ces teneurs sont très faibles (1,3%) dans l'horizon supérieur et faibles (2,5%) en profondeur. On note une augmentation de la teneur en fer total avec la profondeur ( figure 16). Le sol sur cuirasse à une teneur en fer total de 12%.

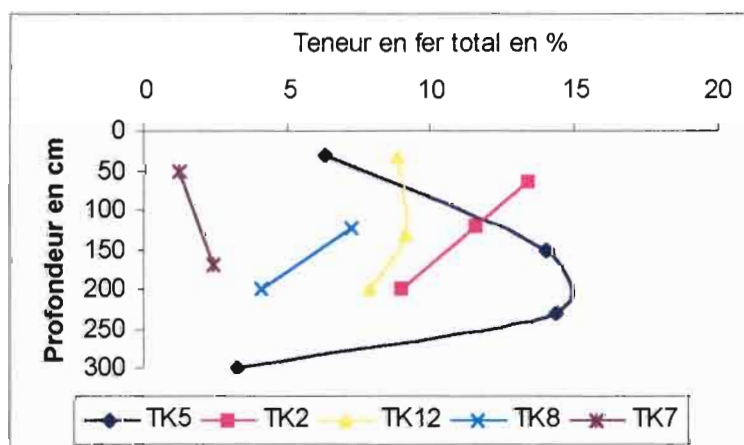


Figure 22. Variation de la teneur en fer total avec la profondeur

### 3. 9. Complexe adsorbant : capacité d'échange, bases échangeables et taux de saturation

Dans la plupart des sols étudiés, la somme de bases échangeables (S) obtenue lors de l'analyse est supérieure à la capacité d'échange (T ou CEC).

La figure 23 montre la variation de la capacité d'échange avec la profondeur. On constate que les valeurs de la capacité d'échange sont dispersées d'un sol à l'autre. Au niveau des vertisols, elles augmentent régulièrement avec la profondeur dans le profil TK2 (de 16 à 25 me/100g). Dans le profil TK12, elles décroissent légèrement après avoir atteint un maximum, mais restent comprises dans la fourchette de 30 à 35 me/100g. Cette augmentation paraît brutale entre le premier et le deuxième horizon, et légère dans le reste du profil. Le profil TK8 par contre montre une évolution différente de la capacité d'échange. Elle diminue brutalement vers la profondeur, de 26 à 19 me/100g.

Dans le sol brun eutrophe la capacité d'échange est moyenne ( 10 me/100g) dans l'horizon supérieur, ensuite elle se stabilise entre 20,98 et 20,34, avant de décroître plus au fond. Dans le sol ferrugineux tropical elle croît légèrement avec la profondeur, de 3,7 à 4,62 me/100g ; dans le sol sur cuirasse, elle est de 3,02 me/100g.

Le taux de saturation excède pour la plupart 100%. On note quelques valeurs inférieures à 100% dans le sol sur cuirasse (12%), dans le sol ferrugineux tropical (19% en surface et 94% en profondeur) et dans l'horizon supérieur du sol brun eutrophe (92%).

La richesse en bases échangeables du complexe adsorbant des vertisols et du sol brun eutrophe est élevée et très largement dominée par les ions alcalino-terreux (Ca, Mg,  $Ca/Mg > 2$ ) ( Figure 24). Les valeurs correspondantes à la somme des bases échangeables pour les vertisols varient de 20 à 43 me/100g de la surface vers la profondeur, excepté l'horizon C. Les valeurs les plus importantes appartiennent au profil TK12. Dans le sol brun eutrophe, la somme des bases échangeables augmente brusquement avec la profondeur de 9,04 à 24,84 me/100g. Ensuite elle décroît progressivement jusqu'à 18,74 me/100g. La somme des bases échangeables est très faible dans le sol ferrugineux tropical (3,02 me/100g) et dans le sol sur cuirasse (0,35 me/100g).

Les teneurs en potassium correspondent à des valeurs moyennes en surface (0,3 à 0,5 me/100g) et faibles en profondeur (0,1 à 0,2 me/100g) dans les vertisols. Le profil TK2

fait exception en ce qui concerne ces valeurs ; elles sont toujours moyennes à bonnes sur l'ensemble du profil (0,5 à 0,61 me/100g). Dans les autres sols, ces teneurs sont comprises entre 0,06 et 0,21 me/100g.

Les teneurs en sodium dans tous les sols étudiés sont en quantité négligeable du point de vue de leur action sur la structure du sol (0,2 à 1,6 me/100g).

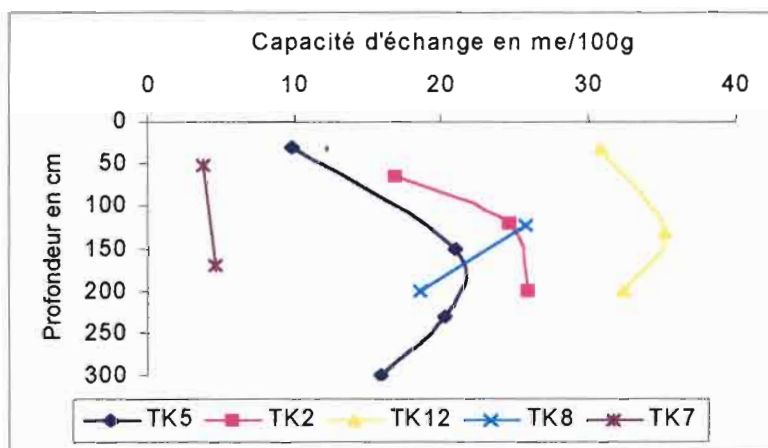


Figure 23. Variation de la capacité d'échange en fonction de la profondeur dans chaque sol.

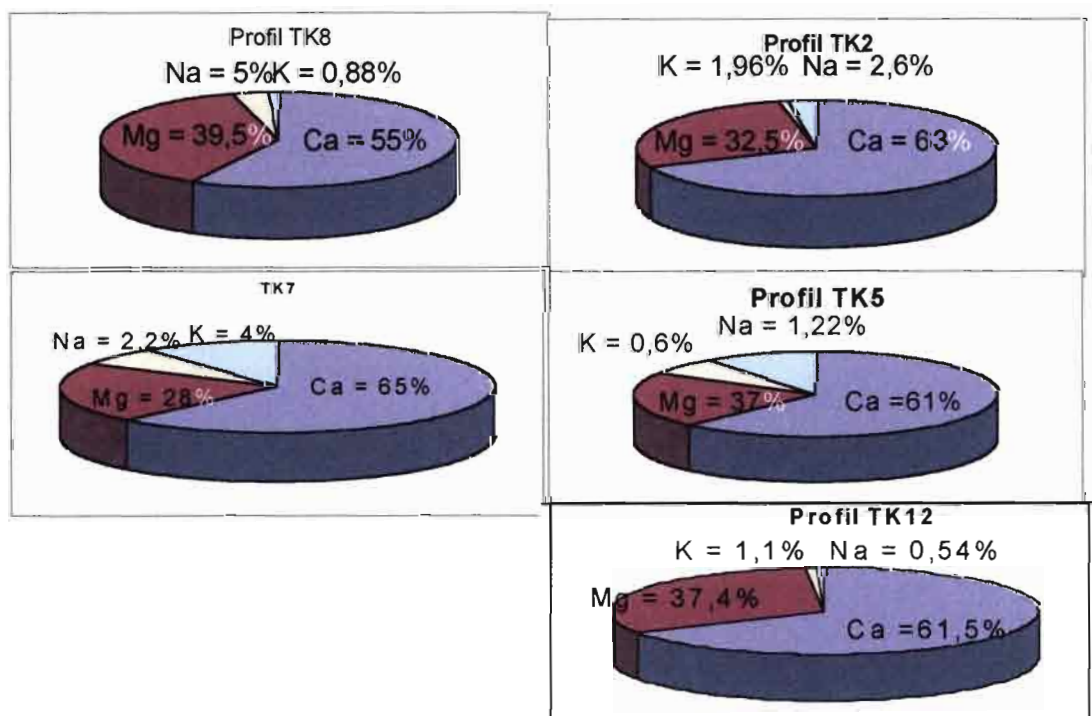


Figure 24. Teneurs en bases échangeables dans chaque sol étudié.

#### 4. Conclusion

Au regard de ce qui précède, les vertisols et le sol brun eutrophe apparaissent comme ceux dont le potentiel de fertilité chimique est le plus élevé. Leur composition granulométrique est marquée par une richesse en argile (taux d'argile généralement compris entre 27 et 52%). Ils possèdent un complexe d'adsorption doté d'une capacité d'échange cationique élevée tant en surface qu'en profondeur ( $10 < \text{CEC} < 40 \text{ me}/100\text{g}$ ) et qui est saturé en cations alcalino-terreux (Ca et Mg), dont le rapport  $\text{Ca}/\text{Mg} > 2$ . Cependant ce potentiel est limité par une déficience phosphatée, azotée, et de la matière organique (surtout dans leur horizons profonds).

En revanche, la mise en valeur des vertisols peut être rendue délicate par leurs propriétés physiques peu favorables : porosité très faible, pouvant induire des risques d'asphyxie, remaniements internes pouvant provoquer des traumatismes aux racines (rupture de racines au niveau de fentes de retrait), cohésion forte en saison sèche et adhésivité forte en saison de pluie, rendant le sol difficile à travailler. Par contre le sol brun eutrophe possède les propriétés physiques les plus favorables : bonne porosité, structure fine facilitant le travail du sol et le développement du système racinaire. Leur principal inconvénient est lié à leur richesse en éléments grossiers souvent anguleux, pouvant compliquer le travail du sol et blesser les racines.

Dans tous les cas, ces deux types de sols conviennent bien aux cultures exigeantes, notamment le coton et le sorgho.

Le sol ferrugineux tropical se présente comme relativement jeune, formé sur un matériau déjà évolué. Dans sa composition granulométrique, la fraction limoneuse prend légèrement le dessus sur l'argile (56,5% contre 80,3%). Sa capacité d'échange est faible (voisin de  $4 \text{ me}/100\text{g}$ ), ainsi que sa richesse en bases échangeables ( $0,45 \leq \text{Ca} \leq 3 \text{ me}/100\text{g}$  ;  $0,16 \leq \text{Mg} \leq 1,26 \text{ me}/100\text{g}$ ). Leur matière organique (0,7% en surface et 0,3% en profondeur) est bien développée (C/N voisin de 10). Leur mise en valeur nécessite un relèvement du niveau de fertilité chimique, la richesse en limons peut aussi entraîner des risques de battance en période de pluie. Ce sol convient bien à la culture de l'arachide.

Le sol sur cuirasse, vu son état actuel de fertilité chimique et physique, n'offre que peu de possibilité de mise en valeur.

## 5. Discussion des résultats

### 5.1 Aspects morphologiques

Au niveau du sol sur cuirasse, la présence de la cuirasse à faible profondeur (36 cm) avec de nombreux gravillons et la pauvreté en terre fine indique un matériau squelettique (non évolué). Cette absence d'évolution peut être imputable au phénomène d'érosion qui décape les produits d'altération au fur et à mesure de leur formation. Elle peut être également due à la résistance de la cuirasse sous-jacente à l'attaque des divers agents météoriques ainsi qu'à la pénétration des racines.

En dehors du sol sur cuirasse, tous les sols étudiés sont caractérisés par une structure grumeleuse dans la partie supérieure de leurs profils. Cette structure peut être expliquée par la présence à ces niveaux d'une quantité non négligeable de la matière organique et d'une intense activité biologique : la microflore favorise la formation des ciments organo-minéraux des agrégats (pouvant être formés par flocculation de l'argile par les cations  $\text{Ca}^{2+}$ ). La méso et macrofaune agit surtout lors de du transit intestinal : elles agglomèrent entre eux les micro-agrégats, les cimentent, donnant à l'unité de structure sa forme et sa dimension définitive, tels que les grumeaux à ciment argilo-humique (Duchaufour, 1995).

Dans les horizons supérieurs en effet la structure apparaît toujours grossière chez les vertisols, massive au niveau du sol ferrugineux tropical et polyédrique au niveau du sol brun eutrophe. Il y a absence totale d'agrégats.

L'homogénéité morphologique constatée au niveau du sol ferrugineux tropical, peut s'expliquer par la présence quasi exclusive de la kaolinite dans sa fraction argileuse. En effet, d'après Chauvel (1967), tous les sols ferrugineux tropicaux du Sénégal oriental seraient constitués presque exclusivement de la kaolinite. Ils offrent des faibles valeurs de la capacité d'échange (de l'ordre de 3 à 5 me/100). La présence de l'illite souvent fréquente dans les axes de drainage élève ces valeurs entre 8 et 10 me/100g. Le sol étudié se situe à un ancien emplacement du plateau cuirassé : il offre une capacité d'échange cationique comprise entre 3 et 4.6 me/100 caractéristique de la kaolinite.

## 5. 2 Aspects physico-chimiques

### 5. 2. 1 Texture.

Les vertisols (profils TK2, TK12, TK8) et le sol brun eutrophe (profil TK5) sont caractérisés par une richesse en argile et une augmentation graduelle de celle-ci avec la profondeur (Figure 16), excepté l'horizon C. La diminution brutale du taux d'argile dans l'horizon C laisse penser que l'argile des horizons sus-jacents ne proviendrait que partiellement de son altération. En effet, la position topographique de ces sols (bas de pente) et la présence d'éléments grossiers de diverses natures enfouis dans la masse argileuse supposent un apport latéral de produits d'altération issus de la cuirasse et des roches (acide et basique). Nous pensons que l'augmentation de la teneur en argile avec la profondeur peut s'expliquer par l'entraînement mécanique par les eaux de gravité des particules argileuses dispersées depuis les horizons supérieurs vers les horizons profonds. En effet, certaines périodes de fortes pluies provoquent la dispersion de l'argile, même stabilisée en complexe organo-minéral. Le transport d'argile dispersée est facilité par l'existence de pores grossiers permettant la circulation des eaux de gravité vers les horizons profonds. La disparition d'une grande partie de ces pores (colmatage) provoque le ralentissement de la circulation des eaux de gravité et l'adsorption des argiles entraînées à la surface des polyèdres (Duchaufour, 1995). Le mauvais drainage entraîne l'augmentation de concentration en alcalins et alcalino-terreux, notamment de  $Ca^{2+}$  qui favorise la néoformation de la montmorillonite.

L'importance des limons dans les sols ferrugineux tropicaux (profil TK7) peut être le résultat d'une accumulation relative, suite à l'entraînement latéral de l'argile. En effet, une érosion en nappe sélective, sous l'influence de pluies violentes sur un matériau argileux peu perméable peut provoquer un entraînement d'éléments fins (argile, parfois limons fins). Les éléments entraînés ne s'accumulent pas dans les horizons profonds mais sont évacués hors du profil.

### 5. 2. 2 Le complexe absorbant

Dans la plupart de sols examinés, la somme de bases échangeables est supérieure à la capacité d'échange. Cela découle d'une dissolution de carbonates par l'acétate d'ammonium à pH 7. Cette dissolution peut avoir lieu même dans les horizons qui ne contiennent que très peu de calcite (Baize, 1988) et Souchier, (1971).

La capacité d'échange de tous ces sols semble ne pas avoir une liaison directe avec matière organique. Elle augmente progressivement en profondeur (Figure 24), au niveau où la matière organique est la plus faible. Il apparaît donc une nette influence argileuse dans la fixation de bases échangeables dans ces sols.

Les faibles valeurs de la capacité d'échange des profils TKIII et TK7 pourraient être mises en relation avec la nature kaolinique de leur fraction argileuse. En effet, la kaolinite est dotée d'un faible pouvoir de rétention d'eau et d'éléments minéraux parce que l'essentiel des échanges cationiques n'est limité qu'aux charges des zones de rupture latérale de ses feuillets. Cela, contribue à réduire sa capacité d'échange à des valeurs comprises entre 3 et 10 me/100g (Duchaufour, 1995) et explique les faibles teneurs en eau obtenues au niveau de ces sols.

Les valeurs les plus importantes de la capacité d'échange s'observent sur les profils TK8,TK2 et TK12 (vertisols), dont le calcul de la capacité d'échange des colloïdes minéraux du complexe absorbant a donné des valeurs élevées (42 à 118 me/100g). Ce calcul s'effectue en rapportant la capacité d'échange de la terre fine au pourcentage de la fraction argileuse après soustraction de la part due à la matière organique estimée à 200 me/100g. Ces valeurs supposent une bonne représentativité dans la fraction argileuse de la montmorillonite dans ces profils. Car la montmorillonite, contrairement à la kaolinite et à l'illite, engage le maximum de ses charges dans le processus d'échange, celles-ci étant disposées aussi bien sur la face externe que sur la face interne des feuillets (Soltner, 1979). C'est ce qui explique les fortes teneur en eau observées dans ces sols.

Il apparaît donc que la capacité d'échange de ces sols semble dépendre de la composition minéralogique de la fraction argileuse. Plus on a de la montmorillonite, plus la capacité d'échange est élevée.

La capacité d'échange de la fraction argileuse de l'horizon C de la plupart des sols bruns eutrophes du Sénégal oriental tourne autour de 30 me/100g (Chauvel, 1967). Celle de l'horizon C des profils TK12 et TK5 présente par contre une valeur qui paraît aberrante

(206,6 me/100g). Car les fractions granulométriques argileuses à ces niveaux ne sont estimées qu'à 7.7 et à 27%. Kaloga (1966) rapporte que ce phénomène est dû au fait que la fraction de la roche sous-jacente altérée qui n'est pas dispersée par le traitement d'analyse granulométrique possède une capacité d'échange élevée. Mais nous pensons aussi que cela peut provenir d'une erreur de mesure.

Les matériaux en voie d'altération peuvent donc constituer une part appréciable du complexe absorbant minéral.

### 5. 2. 3 La matière organique

Les sols étudiés sont en général pauvres en matière organique ( 0.05 à 1.6%). On note une diminution des teneurs en matière organique vers la profondeur (Figure 20). Dans les horizons supérieurs, l'aération du milieu favorise l'oxydation du carbone. Le rapport C/N indicateur du degré de minéralisation est constamment voisin de 10, indiquant une bonne minéralisation, sauf dans les profils TK12 et TK8 (vertisols). Dans ces profils en effet, le rapport C/N est respectivement égal à 15 et 20.7 en surface. Ces valeurs peuvent provenir soit, de la nature de la matière organique à décomposer (certains composés organiques, comme les résidus de lignine sont plus résistants à la décomposition), soit des apports par érosion de matériau en provenance des niveaux plus élevés dans la topo-séquence. Les éléments apportés riches en matière organique sont déposés sur un matériau ayant une matière organique déjà minéralisée.

Les faibles teneurs des horizons profonds peuvent s'expliquer par les faibles entraînements des composés organiques vers la profondeur. Les valeurs élevées du rapport C/N dans le sol brun eutrophe supposent que les faibles quantités de composés organiques entraînés vers la profondeur sont difficilement biodégradables et évoluent vers une humification (Figure 21).

### 5. 2. 4 L'azote

Les teneurs en azote total sont faibles sur l'ensemble des sols étudiés. Elles semblent être plus importantes sur les niveaux supérieurs où la matière organique est aussi élevée. Les faibles teneurs en azote semblent donc liées à celles de la matière organique. La source la plus régulière de l'azote est la minéralisation de la matière organique.

### 5. 2. 5 Le phosphore

Les teneurs en phosphore total et assimilable de tous les sols étudiés sont faibles . Elles peuvent être dues au pH (voisin de la neutralité) et aux faibles teneurs en matière organique. En effet, un milieu neutre ou basique favorise l'insolubilisation du phosphore sous forme de phosphate.

### 5. 2. 6 Le fer

Les teneurs en fer total ne sont faibles que dans les profils TK7 et TKIII. Elles s'expliquent par le phénomène de lessivage oblique. La concentration du fer dans les autres profils traduit la faible mobilité du fer dans les milieux basiques. En effet le pH des horizons de ces sols, étant voisin de la neutralité, immobilise le fer et tend à le précipiter. La présence de la montmorillonite empêche la précipitation du fer qui l'intègre dans son réseau cristallin pour donner naissance à la montmorillonite ferrifère ou nontronite

## 5. 3 Classification des sols étudiés.

### 5. 3. 1 Profil TK7

Ce profil dans la logique de la classification adoptée est à mettre dans la classe des sols riches en sesquioxides de fer, sous-classe des sols ferrugineux tropicaux, groupe des sols lessivés. La pauvreté de son complexe absorbant traduit non seulement sa faible capacité de rétention en eau et en éléments minéraux, mais aussi, le phénomène de lessivage. Ce dernier transparaît au niveau de l'analyse granulométrique qui indique une accumulation possible de l'argile en profondeur aux dépens de la surface.

Le phénomène de ségrégation du fer sous forme de tâches et de concrétions, visibles dans ce profil notamment en profondeur, est à prendre en compte au niveau du sous-groupe.

### 5. 3. 2 Profils TK2, TK8 et TK12

Les caractéristiques morphologiques et analytiques de ces trois profils corroborent leur appartenance à la classe des vertisols. La présence simultanée dans ces profils de produits d'altération dérivés des roches basiques et acides et de la cuirasse, suppose une origine polyolithique. La vertisolisation de ces sols paraît dépendre plus de la position topographique et de la forme du modelé que de la roche-mère. On peut rattacher ces vertisols à la sous-classe des vertisols topomorphes.

Cependant la structure de l'horizon de surface sur laquelle est basée la distinction au niveau des groupes paraît discriminatoire pour ces profils. En effet ce caractère paraît fluctuant d'un profil à l'autre : la structure de l'horizon supérieur du profil TK12 est grossière, celle du profil TK8 est moyenne et celle du profil TK2 est relativement fine. Cette fluctuation est à mettre en liaison avec les teneurs variables en kaolinite et en montmorillonite dans leurs mélanges au sein de ces profils.

Tenant compte de ce qui précède, le profil TK12 appartiendrait au groupe des vertisols topomorphes non grumosoliques, le profil TK2 au groupe des vertisols topomorphes grumosoliques et le profil TK8 au groupe intermédiaire.

En outre leur profondeur atteignant à peine 180 cm induit un caractère modal, ce qui permet de les considérer en tant que tel au niveau du sous-groupe. En plus, les conditions d'hydromorphie ne sont perceptibles qu'en profondeur, ceci oblige à ne les considérer qu'au niveau du faciès.

### 5. 3. 3 Profil TK5

Ce profil est morphologiquement de type A(B)C. Il se caractérise essentiellement par une brunification poussée des horizons (surtout B) par des oxydes de fer. La capacité d'échange cationique de la terre fine est généralement moyenne à forte (29 à 45 me/100g) et indique un mélange dans la fraction argileuse de la kaolinite et de la montmorillonite. Les fentes de retrait sont dépourvues de " slickensides ". Elles sont bien réparties dans tout le profil. Le taux de matière organique décroît vers la profondeur (en général > 3 m) et le complexe est saturé en alcalino-terreux.

Selon la définition de Aubert (1965), ces caractéristiques placent ce sol dans la classe des sols à mull. Le caractère de brunification par les sesquioxydes de fer plus intense dans les

horizons profonds est une preuve de son appartenance au groupe des sols bruns eutrophes tropicaux.

Les valeurs élevées de la capacité d'échange cationique, le complexe saturé en cations alcalino-terreux, ainsi que les fentes de retrait indiquent la présence de la montmorillonite. Ces facteurs justifient son appartenance au sous-groupe vertique.

Cependant les teneurs en matière organique des horizons supérieurs ainsi que la position topographique considérées par Maignien (1966) comme critères prépondérants dans cette classe ne s'alignent pas dans le sens indiqué. En effet, Maignien pense que le groupe des sols bruns eutrophes tropicaux regroupe les sols qui présentent outre les caractéristiques précitées, une bonne teneur en matière organique (régulièrement  $> 2$ ), une structure de surface excellente et une position topographique de pente forte

En outre la présence de tâches d'hydromorphie et le fort taux d'humidité à la capacité au champ de l'horizon C pauvre en argile, obligent à tenir compte de ce facteur. En revanche, sa manifestation limitée en profondeur nous oblige à le considérer au niveau du faciès.

## **6. Rappel des facteurs limitants et recommandations.**

Si certains sols bien drainés de la zone étudiée présentent des propriétés favorables pour les cultures, il n'en demeure pas moins qu'ils possèdent des caractéristiques variables, ce qui les rend très hétérogènes. Par ailleurs, leur exposition à l'érosion est accentuée par la présence constante de la surface cuirassée.

D'autre part, la présence d'un horizon (argileux) relativement humide au-dessus de 1 m est un facteur physique favorable qui diminue les contraintes thermiques, et permet le maintien sur place des éléments minéraux. Par contre il est préférable que l'horizon argileux (surtout argile gonflante) ne remonte pas trop près de la surface, car il nuit à l'enracinement des plantes.

Dans les sols étudiés, les éléments minéraux sont plus importants en profondeur et la matière plus importante en surface. La pratique des labours profonds, devrait permettre un mélange entre ces deux types d'éléments. Cela a pour avantage de permettre une bonne structuration du sol et aux premières pluies de s'infiltrer le plus profondément possible. On évitera les labours superficiels, qui ont tendance à émietter le sol et l'exposent à l'érosion hydrique.

En outre, les déficits en azote, phosphore et en potassique, constituent un facteur limitant important pour l'ensemble de sols étudiés. Leur mise en valeur ne pourra être rentable que par utilisation de fumure renfermant ces éléments.

## **Chapitre 5 : Classification des sol du Sénégal oriental en fonction de leurs aptitudes culturales.**

La classification des sols a été réalisée en grande partie sur la base des travaux de reconnaissance antérieurs. Ces travaux ont mis en lumière la complexité des facteurs pédogenétiques au Sénégal oriental.

Dans cette région, l'hétérogénéité du matériau parental, fait apparaître une gamme très variée de sols. La distinction entre eux réside essentiellement dans l'opposition entre d'une part le caractère squelettique des sols sur roches diverses, ainsi que sur cuirasse ferrugineuse et d'autre part le caractère peu évolué ou évolué des sols sur colluvions ou altérites restés meubles.

L'analyse de ces travaux, à la lumière des vérifications que nous avons faites à Tinkoto, nous a conduit dans un premier temps à la définition des différentes unités à vocation culturale de la région, ensuite à leur représentation cartographique et enfin à l'évaluation de leurs superficies. Cela dans le but de dresser un cadre simplifié d'utilisation des sols du Sénégal oriental.

### **1. Définition des unités à vocation culturale**

La définition des aptitudes des sols à été effectuée en tenant compte essentiellement des caractéristiques pédologiques. Le choix de ces caractères ainsi que leurs variations s'est appuyé à la fois sur l'étude des profils, leur aspect superficiel et les analyses au laboratoire

Dans la région de la Haute et Moyenne-Casamance, mis à part les horizons superficiels, les sols présentent une faible capacité d'échange (3 à 4 meq/100g de terre). Ces faibles valeurs sont liées à la teneur en argile et surtout à la nature minéralogique de celle-ci. Car la kaolinite et l'illite, présentes en faible quantité dans cette région, sont par nature dotées

d'un faible pouvoir de rétention. D'autre part, la ségrégation du fer au sein des profils n'étant qu'un phénomène très local, ces oxydes et hydroxydes bloquent très souvent les niveaux d'échange.

Au Sénégal oriental où les conditions climatiques sont différentes et où la majeure partie de la superficie est occupée par la cuirasse en voie de démantèlement, on rencontre des sols ayant une capacité d'échange très élevée (30 à 45 meq/100g de terre). C'est le cas des vertisols et des sols bruns eutrophes, dont la composition minéralogique est marquée par une richesse en montmorillonite, ayant un haut pouvoir de rétention.

La définition des aptitudes culturales des sols, tel qu'envisagée ici tient compte de la notion de potentialité en terme de qualité et non de richesse, en fonction des exigences des plantes.

En effet le terme richesse tient uniquement de la garniture chimique. Par contre celui de qualité tient aussi compte des propriétés physiques des sols. Ainsi, un sol de bonne qualité culturale est celui qui présente aussi bien une richesse chimique que des propriétés physiques favorables.

Les sols dont les propriétés physiques sont défavorables mais présentent une richesse chimique exceptionnelle, comme les vertisols sont considérés comme étant de très bonne qualité. L'amélioration de leur structure par des pratiques culturales appropriées (mécanisation, sous-solage...) les placerait en tête des meilleurs sols des deux régions étudiées.

Tenant compte de toutes ces remarques, nous avons dressé la liste des classes d'aptitude des sols définies essentiellement par la notion de qualité.

Ainsi sont considérés comme sols de qualité bonne à très bonne, les sols dont la texture est marquée par une richesse de la fraction argileuse, en montmorillonite et dont la teneur moyenne en argile du solum (*cf.* annexe2) est supérieure à 40%.

Les sols de qualité bonne à moyenne sont ceux qui présentent une teneur moyenne en argile comprise entre 40 et 25%. Enfin les sols dont la teneur moyenne en argile est inférieure à 25%, sont considérés comme étant de qualité moyenne à faible

D'autres critères de différenciation pris en compte dans cette définition portent essentiellement sur la profondeur du profil marqué ou non par la présence d'un horizon induré. Par conséquent, lorsqu'un sol présente un horizon induré à faible profondeur (100 à 120 cm), nous le classons de qualité moyenne à faible quelque soit sa richesse chimique.

Lorsque ces critères sont peu ou pas vérifiables au sein du profil, celui-ci est considéré comme non cultivable, c'est-à-dire d'aptitude culturale très faible. Par ailleurs, les

sols mêmes de bonne qualité appartenant aux domaines réservés, sont exclus de tout projet de mise en valeur. Ce sont les sols des forêts classées et les parcs.

Ainsi donc, quatre grandes classes d'aptitude des sols en fonction des exigences des plantes ont été établies sur la base de ces critères de différenciation.

## **2. Les différentes classes d'aptitudes de sols**

Nous ne reprendrons pas ici, la caractérisation détaillée de sols qui a déjà été faite dans la partie précédente. Nous nous limiterons à donner leur extension dans la région ainsi que quelques caractéristiques que nous avons jugées utiles d'indiquer.

### **2. 1 Classe d'aptitude A.**

- Superficie : 9856,1 Km<sup>2</sup> (18%) ;
- Répartition par département :
  - Tambacounda : 5706,7 Km<sup>2</sup> ( 51%),
  - Kédougou : 1726,6 Km<sup>2</sup> (15%),
  - Bakel : 2422,8 Km<sup>2</sup> (23%),

Elle est représentée sur la carte par... , les superficies sont contenues dans le tableau 5.

Cette classe regroupe les sols de qualité bonne à très bonne. Il s'agit :

#### **2. 1. 1 des vertisols et paravertisols.**

Dans la partie précédente nous avons indiqué que la néoformation de la montmorillonite semblait limitée aux formations de roches basiques, en position de mauvais drainage. Cela est fréquent dans la zone où le modelé actuel témoigne de l'absence de manteau d'altération paléoclimatique.

Dans la zone de Kédougou, ces provinces correspondent aux différentes dépressions qui entourent les massifs de roches basiques. Ces massifs portent des vertisols sur les replats de leurs versants et des sols bruns eutrophes sur les pentes fortes. Dans la zone de Kossanto par contre, on note l'existence de ce manteau paléoclimatique. Mais celui-ci est fortement découpé, et les vertisols s'y associent souvent aux sols peu évolués d'érosion sur les matériaux hétérogènes du Birimien et aux sols halomorphes sur les matériaux polyphasés du bas glaciaire. On trouve également des étendues non négligeables de ces sols dans la zone de Dalafi. Ils y sont limités à la province de roches basiques situées à l'Est de la longitude 12° 20' ouest. Dans la zone de Tambacounda-Bakel, ces sols sont largement représentés à l'Est de la Falémé.

Ces sols à potentialité de fertilité très élevée conviennent très bien pour les cultures les plus exigeantes ( coton, maïs, sorgho, canne à sucre). Mais leur utilisation est gênée par leurs propriétés physiques défavorables (cohésion forte en saison sèche, mouvements de masse dus à la dessiccation-humectation pouvant entraîner une rupture des racines et une asphyxie) , qui les rendent difficiles à travailler ainsi que par leur micro relief. Mais il semble que ces micro reliefs ne se reconstituent pas sur plusieurs années

Il convient donc pour leur utilisation de faire appel au sous-solage comme moyen de leur aménagement. Leur utilisation nécessite également un équilibre cationique, car l'importance de certains éléments tel que le sodium rend difficile la limitation des carences. Toutefois le contrôle et la maîtrise de l'inondation doivent être un préalable pour toute utilisation de ces sols.

## **2. 1. 2 Les sols bruns eutrophes.**

### **a. extension**

Ces sols sont caractérisés par la coexistence dans leur fraction argileuse de la montmorillonite et de la kaolinite. Cette coexistence traduit les variations du drainage au sein de ces sols. Lorsque le drainage est réduit, on assiste à la formation de la montmorillonite, et, lorsque le drainage devient fort, il se forme de la kaolinite. C'est ce qui explique leur position intermédiaire entre les vertisols et les sols ferrugineux tropicaux (Maignien, 1963).

Dans la zone de Dalafi, ils sont limités principalement aux alluvions argileuses de Dendifa, ainsi que dans les alluvions des autres grandes rivières situées à l'Est du méridien 12 ° 20 '.

Dans la zone de Kédougou-Kossanto ils se développent sur les alluvions argileux du Dinguikili et de son affluent le kounbakouri.

Ils se différencient des vertisols par leurs propriétés physiques nettement meilleurs. Leur principal défaut réside dans leur position topographique de pente forte (siège du bon drainage interne et externe) et dans la présence d'éboulis de roches sur leurs surfaces.

#### **b. Valeur et utilisation de ces sols**

Les sols bruns eutrophes sont comme les vertisols caractérisés par un haut potentiel de fertilité chimique. Leur structure fine est facile à travailler et très convenable au développement du système racinaire. Ces sols conviennent très bien aux cultures exigeantes : (coton, sorgho) et peu exigeantes (arachides, mil).

Cependant, leur mise en valeur est rendue délicate par leur position de pente forte en proie à l'érosion, et par la présence de blocs de roches marquant un pavage de leurs surfaces.

### **2. 1. 3 Les sols hydromorphes.**

#### **a. Extension.**

Ces sols sont limités généralement aux zones inondables qui bordent les grandes rivières. Dans la zone de Dalafi, on en trouve sur les alluvions des bas-fonds et au niveau des axes de drainage colmatés par le matériau sablo-argileux à argilo-sableux colluvio-alluvial sur lequel se développent les sols ferrugineux tropicaux. Leur extension est plus importante dans le secteur de Kayan où ils débordent les fonds des rivières sur les matériaux de colmatage. Dans la zone de Tambacounda-Bakel, ils se rencontrent sur les lits mineurs des marigots de Goudyri. De largeur moyenne de 30 m. sur les berges, ils passent aux sols ferrugineux tropicaux. Dans cette zone, ils correspondent aussi à tous les sols des axes alluviaux qui subissent un engorgement par remontée de la nappe phréatique. Dans la zone de Kédougou-Kossanto, ils ont une extension très considérable. Ils correspondent aux zones inondables de la Gambie et de la Falémé, ainsi que leurs principaux affluents (Koulountou, Diarha, Bandabali, Dialé). Ils sont également sur certaines entailles récentes dominées par les surfaces

cuirassées dans la zone granitique de Saraya. Autour des rivières qui drainent les pays Bassaris, le secteur de Bandafassi et de Koïla-Kabé, on trouve des faciès structurés de ces sols liés à leur richesse en montmorillonite.

Ces sols présentent des propriétés physiques plus ou moins favorables aux cultures : structure souvent fine, profondeur importante. Leur fertilité chimique est souvent appréciable (capacité d'échange moyenne, de l'ordre de 10 à 15 meq/100g, une matière organique relativement élevée = 1,6 à 2%)

Ces qualités sont remarquablement améliorées au niveau des sols hydromorphes que l'on rencontre dans les domaines de roches basiques et ultrabasiques. Il s'agit des sols hydromorphes structurés et des sols hydromorphes très argileux. Leur particularité réside sur la présence dans leur fraction argileuse de la montmorillonite.

Il est important de signaler que le seul caractère de l'hydromorphie ne suffit pas pour qu'un sol soit classé parmi les sols de bonne à très bonne qualité. Les sols hydromorphes, pauvres en argile, comme ceux qui se développent sur de grandes puissances de sables alluviaux sont très pauvres.

#### **b. Valeur et utilisation de ces sols**

Les conditions topographiques et les caractéristiques chimiques de ces sols sont favorables à la rizière et à la culture du coton. Cependant leur mise en valeur suppose l'emploi de techniques d'aménagement hydraulique, de régulation du drainage. La mécanisation et le sous-solage sont également des méthodes culturales convenables à ces sols.

## 2. 2 Classe d'aptitudes B

- Superficie : 13258,3 Km<sup>2</sup> (23% de la superficie totale)
- Répartition par département :
  - Tambacounda : 7993,7 Km<sup>2</sup> (38%),
  - Kédougou : 827,4 Km<sup>2</sup> (4%),
  - Bakel : 4437,2 Km<sup>2</sup> (21%)

Cette classe est représentée sur la carte par ... Elle contient les sols de qualité moyenne à bonne.

### 2. 2. 1. . Les sols ferrugineux tropicaux à tâches et concrétions.

#### a. Extension.

Ces sols constituent l'une des unités pédologiques les plus fréquentes et les plus évoluées de la région. Dans la zone de Dalafi, ils se développent sur les matériaux de colmatage des axes de drainage situés à l'Ouest du méridien 12° 20 ' Nord. Ils sont souvent en association avec les sols hydromorphes qui occupent le bas des versants et le fond des lits des cours d'eau. Ils se développent également sur les matériaux de colmatage qui parsèment les surfaces cuirassées peu disséquées qui couvrent le Continental terminal au Nord-Ouest de la zone. Ils sont en juxtaposition avec les sols peu évolués hydromorphes et les lithosols sur cuirasse. Dans la zone de Kédougou-Kossanto, ils se caractérisent par le colmatage des axes de drainage et des surfaces cuirassées peu disséquées. Ils ont leur plus grande extension dans la zone, au niveau du batholite granitique de Saraya depuis le Sud-Ouest jusqu'au bord de la Falémé, dans le secteur de Yilimalo. Leurs matériaux constitutifs dans cette zone semblent provenir d'une arène granitique constituée principalement de quartz, de muscovite et de feldspaths. Dans la zone de Tambacounda-Bakel, ils ont presque la même position. Mais le plus souvent ils se développent sur les produits remaniés du Continental terminal au niveau des axes de drainage et sur les plateaux, ainsi que sur les cuvettes de Goudyri (principalement les interfluves des marigots).

Leur position topographique dans le paysage induit des particularités dans leurs profils qui permettent de les différencier au niveau du faciès

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés situés en bordure de plateau à pente faible présentent un faciès à tâches bien délimitées, non durcies, qui marquent un début de concrétionnement. Ceux des axes de drainage au-dessus des vallées des marigots ont un faciès à tâches diffuses. Le faciès à concrétions apparaît lorsque le terrain est plat.

Leurs caractères communs sont les suivants : une profondeur moyenne à bonne, une évolution rapide de matière organique en surface, une teneur en Ca et K moyennes et une teneur en phosphore faible, et un drainage externe et interne bons.

#### **b. Valeur et utilisation de ces sols**

La richesse chimique de ces sols est toujours relativement moyenne. Leur plus grand avantage réside sur leurs propriétés physiques très favorables à l'aération et au développement des racines. Mais la grande sensibilité de ces propriétés physiques à l'érosion et leur tendance à l'appauvrissement (lessivage), font que leur utilisation doit être accompagnée du relèvement ou du maintien du niveau de leur fertilité.

Il est donc nécessaire d'y pratiquer des labours profonds et d'y apporter des quantités nécessaires et suffisantes de matière organique et d'engrais minéraux riche en phosphore.

Ces sols conviennent bien à la culture des arachides, de mil et de coton.

### **2. 2. 2. Les sols ferrallitiques**

#### **a. Extension**

Leur extension est très réduite au Sénégal oriental où ils n'occupent que de petites zones situées dans la partie nord-est de la zone de Kédougou par exemple. Dans la zone de Tambacounda-Bakel, on les rencontre généralement sur les bombements des nappes d'ennoyage des cuvettes et sur les matériaux sablo-argileux qui remblaient les vallées. Ils sont situés en position plus haute par rapport aux sols ferrugineux tropicaux lessivés, à proximité des affleurements de cuirasse.

Leurs caractères morphologiques sont relativement plus homogènes que ceux des sols ferrugineux tropicaux. Ils sont caractérisés par un profil peu différencié, une couleur rouge ou brun-rouge uniforme sur l'ensemble du profil (jusqu'à 3 mètres de profondeur)

En surface, notamment sur les dix premiers centimètres, la couleur est plutôt sombre à cause de la matière organique. La structure est toujours fine et plus stable que celle des sols ferrugineux tropicaux, la texture est sableuse. En profondeur il n'y a pas de différenciation structurale significative. On note simplement une augmentation progressive de l'argile mêlée au sable, toujours en proportions importantes.

La matière organique est peu abondante mais très fréquemment décomposée (C/N toujours voisin de 10). Leur capacité d'échange est faible ( inférieure à 3,5 meq/100g de terre).

#### **b. Valeur et utilisation de ces sols**

Leur pauvreté chimique est compensée par de bonnes propriétés physiques : profondeur toujours grande (>3m), texture pas trop sableuse ni trop argileuse, structure stable. Ils sont fréquemment utilisés pour la culture de l'arachide. Ils conviennent aux plantes à enracinement profond pour une meilleure exploitation des réserves minérales dont la répartition suit celle de la fraction argileuse au sein du profil.

Cependant leur mise en valeur doit, comme pour les sols précédents, être accompagnée du relèvement de la fertilité pour lutter contre le lessivage .

## 2.3 Classe d'aptitude C

- Superficie : 19453,12 Km<sup>2</sup> (34% de la superficie totale)
- Répartition par département :
  - Tambacounda : 5658,6 Km<sup>2</sup> (28%),
  - Kédougou : 7069,6 Km<sup>2</sup> (35%),
  - Bakel : 6724,92 Km<sup>2</sup> (33%).

Cette classe contient les sols de qualité moyenne à faible. Elle est représentée sur la carte par ...

### 2.3.1 Sols peu évolués

Ces sols sont caractérisés par un profil de type A(C). Ils sont constamment rajeunis, soit par érosion, soit par apport de matériaux en provenance des niveaux plus élevés. Ces sols sont ainsi divisés en deux groupes :

- les sols peu évolués d'apport :
  - les sols peu évolués d'érosion.
- Les sols peu évolués d'apport peuvent, en fonction de leur régime hydrique, être divisés en deux sous-groupes: les sols d'apport alluvial et les sols d'apport colluvionnaire.

Les sols peu évolués d'apport colluvionnaire ont une extension considérable au Sénégal oriental. Ils se développent sur des matériaux de colluvionnement en provenance des grès de l'Infra-Cambrien. On les rencontre en position de bas de pente, associés à des sols squelettiques d'érosion en bordure des massifs qui occupent la partie sud-est de la zone de Kédougou et la partie sud de la zone de Kossanto-Kéniéba. On les rencontre également en bas de pente des plateaux cuirassés sur matériaux sablo-argileux riches en gravillons. Dans la zone de Tambacounda-Bakel on a des faciès ferrugineux sur matériaux sablo-argileux au niveau des plateaux et des buttes témoins cuirassées entourant la cuvette de Goudyri, et sur certains glacis d'épandage.

- Les sols peu évolués d'apport alluvial dont l'évolution est régie par une nappe phréatique oscillante se limitent à certains plateaux mais surtout aux axes alluviaux.

Ils sont souvent marqués par l'hydromorphie. Ceux des plateaux sont très répandus au Sénégal oriental et occupent de vastes superficies. Très souvent ils se développent sur un matériau gravillonnaire plus ou moins limono-argileux et sont associés aux sols squelettique sur cuirasse. Ils apparaissent très souvent dans les zones de démantèlement de la cuirasse, si bien qu'ils ont longtemps été considérés comme des restes de sols ferrugineux. Lorsqu'ils sont profonds ils constituent d'excellentes terres à mil.

#### **b. Valeur et utilisation de ces sols**

Ces sols, malgré leur fertilité chimique appréciable, présentent de nombreux inconvénients à leur mise en valeur. Ces inconvénients résident essentiellement dans la grande hétérogénéité qui se manifeste aussi bien verticalement qu'horizontalement d'un profil à un autre.

Les discontinuités observées dans le sens vertical constituent l'obstacle majeur au développement des racines. Ils ne pourront donc être utilisés que localement, mais les résultats seront toujours irréguliers. Ces sols de qualité variable, nécessitent un assainissement hydraulique (pour les apports alluviaux) et l'emploi de quantités importantes de matière organique et d'engrais.

- Les sols peu évolués d'érosion présentent une grande extension au Sénégal oriental, notamment dans les zone de Kédougou et Kossanto-Kéniéba. Ce sont des sols de pente plus ou moins forte, qui relient les plateaux cuirassés aux fonds des vallées. Ils se développent sur des produit d'altération de cuirasse. Certains sols de ce groupe, mais de très faible importance, se développent sur les débris de roches diverses, de texture sablo-graveleuse.

Lorsqu'ils se développent sur des matériaux dérivés des roches basiques, ils acquièrent soit des faciès vertiques ( cas des sols sur matériaux lourds de bordure de la Falémé) soit des faciès bruns eutrophes.

Leurs caractéristiques chimiques et physiques sont plus ou moins appréciables, liées surtout à leur fort taux de matière organique ( 2 à 10%), ce qui leur confère lorsqu'ils ne sont pas dégradés une capacité d'échange voisine de 30 meq/100g.

Il apparaît que leur potentiel de fertilité convient aux cultures de coton, d'arachide, de mil.

Mais leur mise en valeur présente beaucoup d'inconvénients du fait de leur très grande hétérogénéité, de leur profondeur souvent limitée ( $\leq 1$  m), de leur liaison trop étroite avec la cuirasse et de leur pente plus ou moins forte, en proie à l'érosion. Au Sénégal oriental, l'essentiel des activités agricole s'effectue sur ces pentes

### **2. 3. 2. Les sols halomorphes.**

#### **a. Extension**

Ces sols sont assez bien représentés au Sénégal oriental. Leur évolution est dominée soit par la présence des sels solubles, soit par la richesse de leur complexe absorbant d'un de leurs horizons en ions Na, K susceptibles de provoquer la dispersion de l'argile.

Le maintien dans le milieu d'altération de quantités importantes de Na, K et Mg, provoquant un milieu nettement alcalin est dû aux mauvaises conditions de drainage. Ces sols ont été observés au Nord de la zone de Kossanto-Kéniéba, dans les entailles récentes et dans les zones de colmatage situées à proximité des affleurements de roches basiques ( amphibolite, schiste...). Dans certaines zones, ces sols sont contaminés par des gravillons provenant du démantèlement de la cuirasse.

Leurs caractéristiques chimiques sont très comparables à celles des vertisols. Elles ne s'en différencient que par leur matière organique moins bien décomposée et par le rapport C/N plus élevé.

Mais leurs propriétés physiques présentent une dégradation très marquée de la structure du fait de la dispersion de l'argile liée à une teneur très élevée en ions alcalins.

#### **b. Valeur et utilisation de ces sols.**

Dans l'état actuel, les caractéristiques physiques extrêmement défavorables limitent leur utilisation. Ils constituent en saison sèche des zones de parcours pour le bétail.

Dans cette classe, nous avons également rangé les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols ferralitiques qui présentent dans leur profil un horizon induré à faible profondeur (entre 1 et 1.5 cm). On y range également les complexes de sols dont la représentation cartographique originelle n'a pas permis de faire apparaître à sa place chaque unité simple. Ces complexes comprennent des juxtapositions, des séquences et des chaînes de sols de plusieurs natures.

#### **2. 4. Classe d'aptitude D**

- Superficie : 14276,2 Km<sup>2</sup> (hors mis le Niokolo koba, 25% de la superficie totale)
- Répartition par département :
  - Tambacounda : 6218,9 Km<sup>2</sup> (36%)
  - Kédougou : 2848 Km<sup>2</sup> (16%)
  - Bakèl : 5209,3 Km<sup>2</sup> (30%)

##### **a. Extension**

Elle est représentée sur la carte par le figuré n°4. Elle contient les sols non cultivables. Leurs caractéristiques chimiques et physiques n'offrent que très peu de possibilités de mise en valeur.

Il s'agit des lithosols sur cuirasse, majoritaires au Sénégal oriental, des lithosols sur roches diverses (acides, basiques, ultrabasiques et neutres) présents uniquement au Sénégal oriental.

##### **b. Valeur et utilisation de ces sols**

Néanmoins les lithosols sur roches basiques et ultrabasiques, du fait de leur association avec des vertisols et des sols bruns eutrophes présentent de bonnes caractéristiques de fertilité. Mais leur très faible extension limite leur mise en valeur.

## 2. 5 Conclusion.

Les travaux de caractérisation de sols par d'anciens auteurs permettent de comprendre la complexité des facteurs de mise en place des sols. Cette complexité est étroitement liée à la grande hétérogénéité des matériaux générateurs des sols

Dans ces conditions, le cadre d'approche auquel ces travaux ont abouti ne permet que très difficilement l'utilisation des sols inventoriés.

Pour établir un cadre simplifié d'utilisation des sols, plusieurs unités pédologiques ont été regroupées au sein de quatre classes d'aptitudes de sols. Ces classes ont été définies sur la base des données morphologiques et analytiques de ces sols. Nous avons retenu dans cette définition la notion de qualité au lieu de richesse. Cette notion tient compte en effet de la teneur et de la nature minéralogique de l'argile du solum. Lorsque l'argile fait défaut, c'est la matière organique qui est prise en considération, car l'argile aussi bien que la matière organique constituent, en proportions variables, des supports de fertilité chimique et physique des sols.

On distingue donc : la classe d'aptitude A regroupant les sols de qualité bonne à très bonne, dont le taux moyen d'argile du solum est supérieur à 40%. Il s'agit des vertisols, des sols bruns eutrophes et des sols hydromorphes riches en argile. La classe d'aptitudes B regroupant les sols de qualité bonne à moyenne, dont le taux moyen du solum est compris entre 40 et 25%. Il s'agit des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols ferralitiques non indurés. La classe d'aptitude C regroupant les sols de qualité moyenne à faible, dont la teneur moyenne en argile du solum est inférieure à 25%. Ce sont les sols peu évolués d'apport et d'érosion, les sols halomorphes, les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols ferralitiques indurés à faible profondeur. La classe d'aptitude D, regroupe les sols non cultivables. Ce sont les lithosols sur cuirasse et sur roches diverses ainsi que les forêts classées et les parcs ( Tableau 3 et 4).

Ces classes ont fait l'objet d'une planimétrie et d'une représentation cartographique au 1/500.000. Ce cadre ainsi défini constitue un instrument important qui permet, dans un projet de mise en valeur, d'orienter les choix vers les sites favorables.

## Chapitre 6. Conclusion générale.

Une grande partie du modelé du Sénégal oriental est occupée par la cuirasse, ce qui réduit considérablement les espaces cultivables.

Le cuirassement se poursuit encore faiblement aujourd'hui ( Leprun, 1979), bien que fortement contrarié par les phénomènes de dégradation très actifs. Dans les conditions climatiques actuelles de la région on aboutit à la genèse de nouveaux sols dont l'inventaire a permis de distinguer quatre zones de formation :

- Les sols des surfaces planes des plateaux cuirassés (sols minéraux bruts sur cuirasse) à potentiel de fertilité très médiocre, n'offrant que de très faibles possibilités de mise en valeur.

- Les sols des versants, souvent dominés par les sols peu évolués sur matériaux gravillonnaires, présentant plusieurs faciès en fonction de la dynamique hydrique du milieu : faciès ferrugineux tropical, lessivé en milieu drainant ; faciès hydromorphe et vertique en drainage réduit. Malgré leur hétérogénéité morphologique, ils sont caractérisés par une grande richesse chimique, liée surtout à des fortes proportions de la matière organique (Kaloga, 1966). Mais celle-ci a un caractère fugace, dès que les sols sont mis en culture.

- Les sols des bas-versants, se distinguent en fonction des possibilités du drainage et donc de la néoformation de la montmorillonite : les vertisols en position de drainage réduit ou nul, caractérisés par un potentiel de fertilité chimique exceptionnel lié à la richesse de leur fraction argileuse en montmorillonite. Mais ce facteur se trouve souvent masqué par leurs propriétés physiques nettement défavorables, rendant les sols difficiles à travailler. Les sols bruns eutrophes, en position de bon drainage interne et externe, caractérisés par un mélange dans la fraction argileuse de la kaolinite et de la montmorillonite. Cela leur confère des meilleures qualités culturales liées aux propriétés physiques et chimiques très favorables.

- Les sols d'anciens emplacements de plateaux cuirassés souvent dominés par des sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et à concrétions. Ils sont caractérisés par un potentiel de fertilité faible à moyen, en relation avec la présence de la kaolinite.

L'étude analytique de ces sols a permis de constater que la capacité d'échange est faible sur les sols sur cuirasse et sur les sols ferrugineux tropicaux, et forte sur les vertisols et les sols bruns eutrophes des bas versants. Les teneurs en matière organique, en phosphore et en azote sont faibles sur l'ensemble de sols étudiés, mais sont plus importantes en surface qu'en profondeur.

Malgré la pluviosité importante, les cations alcalino-terreux (Ca surtout et Mg) restent maintenus en quantité importante dans une grande partie du profil. Cela se traduit par un taux de saturation presque toujours supérieur à 100.

En dépit de la longue durée de la saison sèche, les écarts entre les valeurs aux points de flétrissement et la capacité au champ demeurent souvent importants, même en fin de cette période. Cela permet d'envisager des associations de cultures à cycle végétatif long (coton, sorgho).

Il importe de noter que les sols issus de la dégradation de la cuirasse offrent un intérêt agronomique important, mais qui peut être gêné par leur déficit en matière organique, en azote et en phosphore. Cet intérêt devrait être orienté premièrement vers les sols de bas-versants, puis des versants et enfin d'anciens emplacements de cuirasse. Leur mise en valeur doit être envisagée en tenant compte des recommandations que nous avons faites.

Par ailleurs, les résultats obtenus dans ce travail recourent dans beaucoup de détails ceux fournis par les anciens auteurs pour toute la région. Cela nous a permis d'étendre nos considérations pédologiques dans toute la région. Un cadre simplifié d'utilisation des sols a été établi, en les réunissant suivant leurs aptitudes culturales définies en fonction de critères soigneusement choisis en terme de qualité. Quatre classes de sols ont donc été définies. Elles ont fait l'objet d'une planimétrie (évaluation de superficie) et d'une représentation cartographique au 1/500.000.

Au total, les superficies cultivables et les sols directement cultivables sont importants dans la région (52264,12 km<sup>2</sup> annexe Tableau 5). Cependant leurs facteurs de fertilité révèlent des caractères très complexes du fait de leurs liaisons étroites. Si bien qu'il suffit qu'un seul facteur soit déficient pour que toute la fertilité diminue. Il est à noter également que les propriétés physiques ont autant d'importance que les facteurs de propriétés chimiques.

Ce cadre ainsi défini constitue un instrument important qui permet, dans un projet de mise en valeur, d'orienter les choix vers les sites les plus favorables.

## Bibliographie

---

- Ambrosi J. P (1984) - Pétrologie et géochimie d'une séquence des profils latéritiques cuirassés de la région de Diouga. Burkina faso. *Thèse Univ. Poitiers*. 220 p.
- Aubert G. (1965) - Classification des sols – Tableaux des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes de sols utilisés par la section de pédologie de l'IRD (ex ORSTOM). Cahier ORSTOM pédologie 1965. III.3. 269-288
- Baize D. (1988) - Guide des analyses courantes en pédologie . INRA. Paris. 172 P..4
- Baldensperger J. (1965) - Etudes pédologiques d'un bassin versant de la région de Kedougou (rapport stage. IRD (ex ORSTOM centre de Hann)
- Barréto P. S. (1966) - Carte pédologique du Sénégal oriental à l'échelle du 1/200.000. Notice explicative de la feuille de Tambacounda-Bakel sud (travaux ORSTOM centre de Hann).
- Blondel D. (1964) - Etude de l'évolution du profil cultural sous une rotation quadriennale et de l'influence du travail du sol sur les cultures.
- Blot A. , Leprun J. C. (1973) - Influence de deux roches mères de composition voisine sur les altérations et les sols. Un exemple sur le socle cristallin au Sénégal oriental (cahier ORSTOM centre de Hann). serv. Géol. Vol n° 1.4
- Blot A. et al. (1976) - Originalité de l'altération et du cuirassement des dykes basiques basiques dans le massif de granite de Saraya (Sénégal oriental). Bull. Soc. Géol. Fr.. t. XVIII. n° 1
- Chauvel A. (1967) - Carte pédologique du Sénégal oriental à l'échelle du 1/200.000. Notice explicative de la feuille de Kedougou (travaux ORSTOM centre de Hann).
- Chetelat E. (1938) Le modelé latéritique de l'Ouest de la Guinée française. Rev. Géogr. phys. Géol. Dyn. 119 p.
- D'hoor J. (1954) - L'accumulation des sesquioxydes libres dans les sols tropicaux. Publ. NEAC. services Scientifiques. 62.132 p.
- Diallo D. P. (1983) - Contribution à l'étude des séries de Dialé (Birrimien) dans les monts Bassaris. Sénégal oriental (secteur de Bandafassi. Ibel. Ndebou. Landenié) : Thèse 3<sup>ème</sup> cycle. Univ Dakar. 185 p.
- Diallo D. P. (1994) - Caractérisation d'une portion de croûte d'âge protérozoïque inférieur du craton ouest africain : cas de l'encaissant des granitoïdes dans la série de Mako

- (Boutonnière de Kedougou). Implications géodynamiques. *Thèse D'état Dakar* 444 p.
- Dubois J. P. (1974 –1975 et 1976). – Opération terre neuves. projet pilote Koumpetoum-Maka. rapport de fin de campagne. Vol. 1. 107 p. (travaux IRD ex ORSTOM centre de Hann)
- Dubois J. P Opération terre neuves. projet pilote Koumpetoum-Maka rapport de fin de campagne avec carte d'aptitude de sols au 1/40.000. Vol. 2. 59 p
- Duchaufour P. (1965) - Précis de pédologie. Paris. 481 p..3
- Duchaufour P. (1995) - sol. végétation. environnement (abrégés)..4
- Hénin S. (1960) -Le profil cultural. Société d'Édition des Ingénieurs agricoles. Paris..3
- Kaloga B. (1966) - Carte pédologique du Sénégal oriental à l'échelle du 1/200.000. Notice explicative de la feuille de Dalafi (Travaux IRD ex ORSTOM. centre de Hann)..3
- Lajoinie. (1964) - Etude des latérite du secteur de Tinkoto (Sénégal oriental). Premier bilan des travaux de laboratoire. Rapport B.R.G.E.M Dakar n° D.S.G.S. A11.
- Leprun J. C. (1971) - Premières observations sur des toposéquences à amont cuirassé en Haute-Volta (B. Faso) : rôle de la pédogenèse dans la destruction des cuirasse et le façonnement du. Bull. modelé. Liaison. Thème R. IRD (ex ORSTOM). 2. P 39-53.
- Leprun J. C. ( 1977a) - Géochimie de la surface et formes du relief. La dégradation des cuirasses ferrugineuses. Etude et importance du phénomène pédologique en Afrique de l'Ouest. Sci. Géol. . Bull. . 30. P. 267-273.4
- Leprun J. C. (1977b) - Rapport de la mission péologique. Mars 1977. A. C. C. « Lutte contre l'aridité dans l'Oudalon (Haute-Volta l'actuel B. Faso) ». Rapport IRD (ex ORSTOM). Paris. 19 P..4
- Leprun. J. C.(1979) - Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. Genèse-transport-dégradation. *Thèse Sci. Univ. Strasbourg*. IRD (ex ORSTOM).
- Maignien. R. (1963) - Les sols bruns eutrophes tropicaux. Sols afric.. Vol. 8. n° 3. Sept. Dec. . 485-490.
- Maignien R. (1966) - Compte rendue de recherches sur les latérites. Coll. Recherches sur les ressources naturelles. UNESCO. Paris.
- Michel. (1960) - Recherches géomorphologiques en Casamance et Gambie méridionale. Rapport multigraph. B.R.G.M Dakar.

- Michel P. (1973) - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. « Etude géomorphologique. *Thèse. Sci. Univ. Strasbourg* (IRD ex ORSTOM).4
- Ndiaye P. M. (1986) - Etude géologique et métallogénique de la partie septentrionale du granite de Saraya : secteur de Missira, Wassangara, Frandi: Sénégal oriental. *Thèse doctorat troisième cycle U.C.A.D. Dakar. 109 p.*
- Ndiaye P. M. (1994) - Evolution au protérozoïque inférieur de la région Est-Saraya (super groupe de Mako, Sénégal oriental). Tourmalinisation, altérations hydrothermales et minéralisations associées. *Thèse d'état U.C.A.D. Dakar. 372 p.*
- Ngom P. M. (1985) - Contribution à l'étude de la série birimienne de Mako dans le secteur aurifère de Sabodala (Sénégal oriental). *thèse doctorat troisième cycle Univ. de Nancy I. France. 134 p.*
- Ngom P. M. (1995) - Caractérisation de la croûte birimienne dans les parties centrales et méridionales du super groupe de Mako : implications géochimiques et pétrogénétiques. *Thèse d'état U.C.A.D Dakar. 243 p.*
- Roose E. (19...) - Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest (Travaux IRD ex ORSTOM, centre de Hann).
- Roose E. (1967) - Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal. *Agro. Tropic. . Fr.. t. n° 2.*
- SMIAR de F.A.O - Site Internet : [WWW.fao.org](http://WWW.fao.org)
- Soltner (1979) - les bases de la production végétale (Tom 1).
- Souchier B. (1971) - Evolution des sols sur roches cristallines à l'étage montagnard.4
- Vogt J. (1955 a) - aperçu sur la morphologie des Haute-Doundé et Haute-Dialafara (Soudan. Arch. B.R.G..M. Dakar: 11 p.
- Vogt. (1955 b) - Rapport provisoire de mission de Kéniéba (Soudan). Arch. B. R. G.

# **Planches**

## Planche 1



Photo 1. Cuirasse sur granite

Photo 2. Blocs de cuirasse isolés sur roche basique.

## Planche 2



Figure 3. Sol brun eutrophe sur versant à pente forte du relief intermédiaire

Figure 4. Sol sur cuirasse colonisé par des termites champignons

### Planche 3



Photo 5. Grande étendue de sol sur cuirasse colonisé par des morceaux de cuirasse épars

Photo 6 Témoin de la surface d'aplanissement intermédiaire et versant à évolution pédologique de type brun eutrophe

# **Annexes**

**Annexe 1. Tableaux des données analytiques et des superficies des classes des sols par département.**

| Profil | N° | Profondeur<br>cm | CARBONE | AZOTE | C/N  | PHOSPHORE | PHOSPHORE   | MATIERE        |
|--------|----|------------------|---------|-------|------|-----------|-------------|----------------|
|        |    |                  | TOTAL   | TOTAL |      | TOTAL     | OLSEN-DABIN | ORGANIQUE      |
|        |    |                  | g/kg    | g/kg  |      | P         | P           | % <sub>0</sub> |
|        |    |                  |         |       |      | ppm       | ppm         |                |
| TK2    | 25 | 65               | 5.39    | 0.54  | 10.0 | 115       |             | 2.50,93        |
|        | 26 | 120              | 3.16    | 0.32  | 9.9  | 38        |             | 1.40,54        |
|        | 27 | 200              | 3.54    | 0.31  | 11.4 | 30        |             | 1.60,61        |
| TK5    | 30 | 30               | 3.29    | 0.28  | 11.7 | 44        |             | 1.40,6         |
|        | 31 | 152              | 1.16    | 0.11  | 10.5 | 12        |             | 1.10,2         |
|        | 32 | 232              | 1.47    | 0.09  | 16.3 | 50        |             | 1.30,25        |
|        | 33 | 300              | 0.28    | 0.01  | 28.0 | 14        |             | 1.00,05        |
| TK7    | 34 | 5,89             | 4.05    | 0.39  | 10.4 | 37        |             | 2.30,7         |
|        | 35 | 5,58             | 1.75    | 0.24  | 7.3  | 30        |             | 1.70,3         |
| TK12   | 36 | 33               | 9.47    | 0.65  | 14.6 | 111       |             | 3.51,6         |
|        | 37 | 132              | 4.06    | 0.29  | 14.0 | 48        |             | 3.20,7         |
|        | 38 | 200              | 0.80    | 0.07  | 11.4 | 484       |             | 1.30,13        |
| TK8    | 39 | 124              | 4.14    | 0.20  | 20.7 | 24        |             | 1.30,7         |
|        | 40 | 200              | 0.51    | 0.05  | 10.2 | 13        |             | 1.20,1         |
| TKIII  | 43 | 36               | 0.18    | 0.04  | 4.5  | 81        |             | 1.50,03        |

Tableau 2. Carbone, azote, phosphore et matière organique

| Profil | Profondeur<br>Cm | N° | P.F  |      |      | FER   | EC<br>mS20°C | pH   |      |
|--------|------------------|----|------|------|------|-------|--------------|------|------|
|        |                  |    | 2.2  | 3.0  | 4.2  | TOTAL |              | eau  | kcl  |
|        |                  |    | %    | %    | %    | Fe2O3 |              |      |      |
|        |                  |    |      |      | %    |       |              |      |      |
| TK2    | 65               | 25 | 25.7 |      | 16.8 | 13.40 | 0,077        | 6,44 | 5,04 |
|        | 120              | 26 | 33.4 | 27.5 | 18.7 | 11.59 | 0,072        | 7,16 | 5,18 |
|        | 200              | 27 | 40.3 | 32.6 | 20.3 | 8.99  | 0,069        | 6,96 | 5,05 |
| TK5    | 30               | 30 | 27.3 | 23.2 | 12.7 | 6.29  | 0,021        | 5,84 | 4,34 |
|        | 152              | 31 | 28.3 |      | 18.0 | 14.09 | 0,048        | 7,00 | 5,05 |
|        | 232              | 32 | 31.1 |      | 18.7 | 14.42 | 0,128        | 7,53 | 5,41 |
|        | 300              | 33 | 32.0 | 23.9 | 11.8 | 3.25  | 0,030        | 8,10 | 5,23 |
| TK7    | 5,89             | 34 | 20.0 | 12.9 | 6.9  | 1.29  | 0,014        | 4,84 | 3,83 |
|        | 5,58             | 35 | 22.2 | 17.2 | 10.5 | 2.47  | 0,026        | 5,34 | 4,46 |
| TK12   | 33               | 36 |      |      |      | 8.85  | 0,079        | 6,62 | 4,97 |
|        | 132              | 37 | 41.3 | 35.4 | 22.0 | 9.14  | 0,072        | 7,56 | 5,90 |
|        | 200              | 38 | 38.5 | 31.8 | 19.0 | 7.88  | 0,035        | 7,11 | 4,10 |
| TK8    | 124              | 39 | 32.6 | 29.8 | 18.3 | 7.28  | 0,046        | 6,94 | 5,11 |
|        | 200              | 40 | 32.3 | 26.0 | 15.5 | 4.13  | 0,044        | 7,40 | 4,78 |
| TKIII  | 36               | 43 | 21.5 |      | 8.9  | 12.00 | 0,017        | 5,12 | 4,28 |

Tableau 3. Capacité pour l'eau, Fer, conductivité électrique et pH (eau et KCl).

| Profil | Profondeur<br>Cm |    | BASES ECHANGEABLES |       |      |      | CAPACITE<br>D'ECHANGE | Taux de<br>sat. | pH   |
|--------|------------------|----|--------------------|-------|------|------|-----------------------|-----------------|------|
|        |                  |    | Ca                 | Mg    | Na   | K    | CEC                   |                 |      |
|        |                  |    | méq%               | méq%  | méq% | méq% | méq%                  |                 |      |
| TK2    | 65               | 25 | 13.61              | 5.59  | 0.16 | 0.48 | 16.94                 | 117             | 7.30 |
|        | 120              | 26 | 18.20              | 10.69 | 1.06 | 0.61 | 24.62                 | 124             | 7.19 |
|        | 200              | 27 | 20.24              | 10.56 | 0.92 | 0.53 | 25.94                 | 124             | 6.92 |
| TK5    | 30               | 30 | 5.79               | 3.02  | 0.12 | 0.11 | 9.86                  | 92              | 7.00 |
|        | 152              | 31 | 15.25              | 9.18  | 0.22 | 0.21 | 20.98                 | 118             | 6.62 |
|        | 232              | 32 | 14.06              | 9.08  | 0.27 | 0.12 | 20.34                 | 116             | 7.45 |
|        | 300              | 33 | 11.41              | 6.95  | 0.32 | 0.06 | 15.94                 | 118             | 7.14 |
| TK7    | 5,89             | 34 | 0.45               | 0.16  | 0.04 | 0.07 | 3.78                  | 19              | 5.89 |
|        | 5,58             | 35 | 2.85               | 1.26  | 0.07 | 0.15 | 4.62                  | 94              | 5.59 |
| TK12   | 33               | 36 | 27.53              | 13.06 | 0.24 | 0.27 | 30.86                 | 133             | 7.12 |
|        | 132              | 37 | 30.12              | 12.67 | 0.24 | 0.33 | 35.22                 | 123             | 7.22 |
|        | 200              | 38 | 23.24              | 14.48 | 0.23 | 0.13 | 32.42                 | 117             | 7.27 |
| TK8    | 124              | 39 | 16.95              | 11.05 | 0.90 | 0.28 | 25.82                 | 113             | 7.62 |
|        | 200              | 40 | 11.71              | 9.57  | 1.56 | 0.16 | 18.62                 | 124             | 7.40 |
| TKIII  | 36               | 43 | 0.18               | 0.06  | 0.05 | 0.06 | 3.02                  | 12              | 5.96 |

Tableau 4. Complexe absorbant : CEC, bases échangeables, taux de saturation et pH.

| Régions | Départements | Classes d'aptitude des sols :<br>superficies en kilomètres carrés et pourcentages |          |          |                         |         | Superficies<br>par départe-<br>ment | superficies<br>par région |
|---------|--------------|---|----------|----------|-------------------------|---------|-------------------------------------|---------------------------|
|         |              | Classe A  | Classe B | Classe C | Classe D + Réserves     |         |                                     |                           |
| Kolda   | Kolda        | 477   | 2426,4   | 115,2    | 34,4                    | 1817,2  | 4870,2                              | 12846,8 km <sup>2</sup>   |
|         |              | 10%   | 50%      | 2%       | 1%                      | 37%     | 100%                                |                           |
|         | Vélingara    | 775,6   | 5394     | 508,4    | 757,8                   | 540,8   | 7976,6                              |                           |
|         |              | 10%   | 68%      | 6%       | 9%                      | 7%      | 100%                                |                           |
| Tamba   | Bakel        | 2422,8  | 4437,2   | 6724,92  | 1934                    | 3275,03 | 18793,95                            | 51750,45 km <sup>2</sup>  |
|         |              | 13%   | 24%      | 37%      | 11%                     | 15%     | 100%                                |                           |
|         | Kédougou     | 1726,6  | 827,4    | 7069,6   | 2848                    |         | 12471,6                             |                           |
|         |              | 12%   | 7%       | 57%      | 23%                     |         | 100%                                |                           |
|         | Tamba        | 5706,7  | 7993,7   | 5658,6   | 1499,6                  | 4719,3  | 25577,9                             |                           |
|         |              | 22%   | 31%      | 22%      | 6%                      | 19%     | 100%                                |                           |
|         |              | Sols cultivables :  |          |          | Sols non cultivables :  |         | Total =                             | Total =                   |
|         |              | 11108,7   | 21078,7  | 20076,72 | 17426,13km <sup>2</sup> |         | 69690,25km <sup>2</sup>             | 69690,25km <sup>2</sup>   |
|         |              | Total = 52264,12 km <sup>2</sup>  |          |          |                         |         |                                     |                           |

La forêt classée du Niokolo koba comprise dans les zones de Tamba, Dalafi et Kédougou occupe 9000 km<sup>2</sup>

La superficie totale de sols étudiés est de 78690,25 km<sup>2</sup>, avec une éventuelle erreur d'environ 10.370 km<sup>2</sup> (11%).  
Réserves = forêts classées et parcs nationaux.

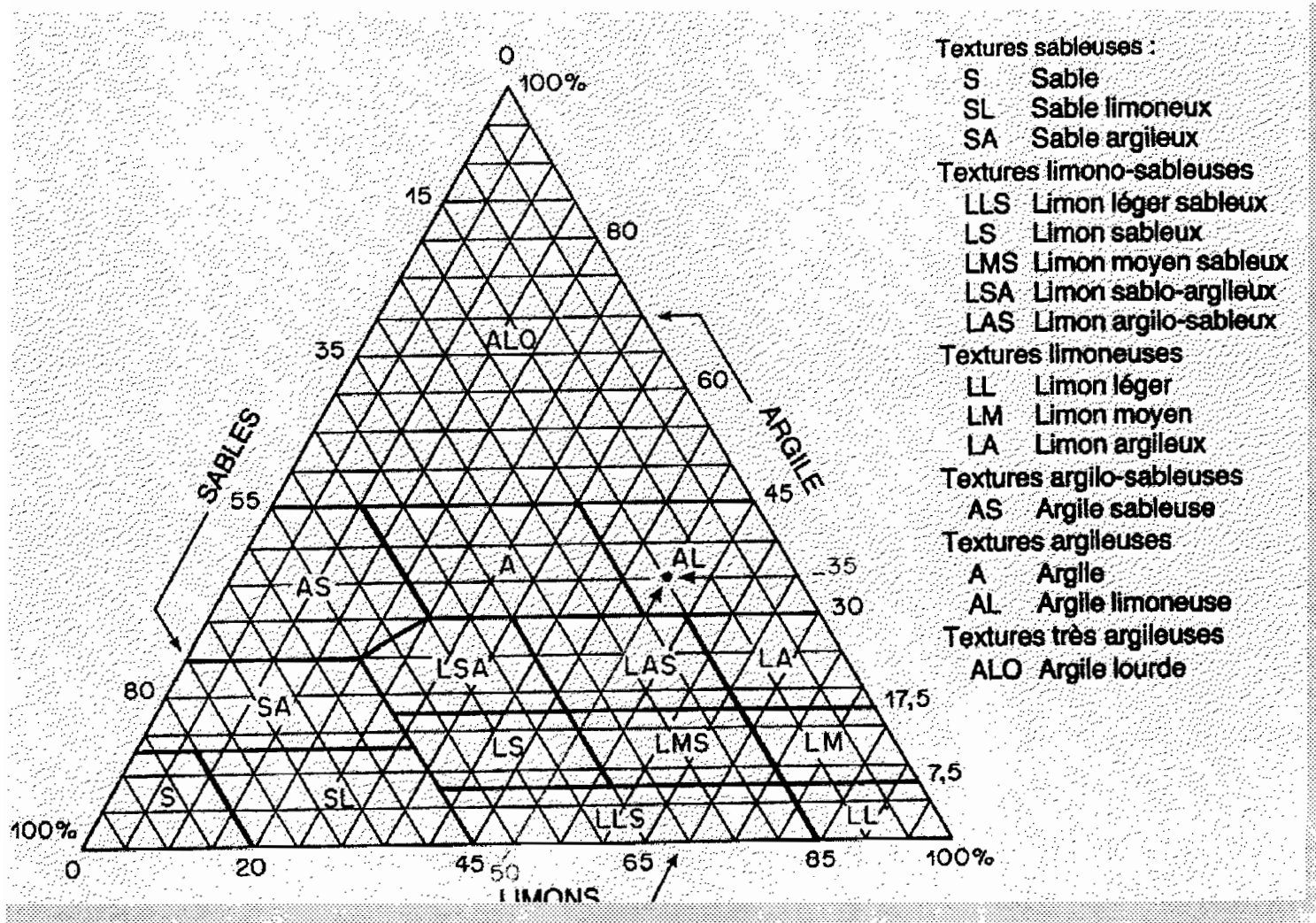
Tableau 5 : Superficies des différentes classes d'aptitude de sols par département et par région

| Régions | Départements | Espaces<br>Réservés | Classes d'aptitude sols :<br>superficies en hectares |          |          |          | Superficies<br>des réserves | Superficies<br>par région |
|---------|--------------|---------------------|--|----------|----------|----------|-----------------------------|---------------------------|
|         |              |                     | Réservés   | Classe A | Classe B | Classe C |                             |                           |
| Kolda   | Kolda        | Bakor               | 1700   | 11720    |          | 960      | 14420                       |                           |
|         |              | Koudora *           |  |          |          |          | 7200                        |                           |
|         |              | Dabo                | 280  | 10620    | 560      | 200      | 11660                       |                           |
|         |              | Diatouma *          |  |          |          |          | 4170                        |                           |
|         |              | Guimara *           |  |          |          |          | 53000                       | 181720                    |
|         |              | Nahon               | 720  | 2600     | 200      |          | 3520                        |                           |
|         |              | Pata *              |  |          |          |          | 7300                        |                           |
|         |              | Sdjala *            |  |          |          |          | 11950                       |                           |
|         |              | Toutouné            |  | 8200     |          |          | 2800                        |                           |
|         | Vélingara    | Anambé *            |  |          |          |          | 6200                        |                           |
|         |              | Kantora             | 1200   | 13120    | 360      | 6260     | 20580                       |                           |
|         |              | Kayanga *           |  |          |          |          | 16550                       | 54080                     |
|         |              | Mampaye *           |  |          |          |          | 10750                       |                           |
|         |              |                     |  |          |          |          |                             |                           |
| Tamba   | Bakèl        | Bala est            |  |          |          | 9450     |                             |                           |
|         |              | Bala sud            |  |          |          | 10375    |                             |                           |
|         |              | Bala ouest          |  | 5850     | 13100    | 2300     | 18860                       | 327503.75                 |
|         |              | Goudiry             |  | 2010     | 21850    | 4280     | 28140                       |                           |
|         |              | Falémé *            |  |          |          |          | 260678.75                   |                           |
|         | Tambacounda  | Botou               |  | 1500     | 9250     |          | 10750                       |                           |
|         |              | Diambour            | 3080   | 12920    | 75360    | 42280    | 133640                      |                           |
|         |              | Gouloumbou          |  | 6250     | 13750    |          | 18000                       |                           |
|         |              | Koumpetoum*         |  |          |          |          | 10140                       |                           |
|         |              | Koussanar *         |  |          |          |          | 5400                        |                           |
|         |              | Malèm niani         |  | 31250    | 15500    |          | 46750                       | 471930                    |
|         |              | Ouli                |  | 3250     | 11000    |          | 14250                       |                           |
|         |              | Panal               |  | 10250    |          |          | 104250                      |                           |
|         |              | Panlates            |  | 2500     | 38500    |          | 41000                       |                           |
|         |              | Tamba sud           |  | 5500     | 5000     |          | 10500                       |                           |
|         |              | Tamba nord          |  | 14500    | 62750    |          | 77250                       |                           |
|         |              | Niokolo koba        | 61440  | 134360   | 509920   | 194280   | 900000                      |                           |

(\*) = Réserves dont les sols n'ont pas été planimétrés.

Tableau 6. Superficies des classes d'aptitude de sols dans les réserves naturelles.

**Annexe 2. Triangle de texture et résultats d'analyses granulométrique sous forme d'histogrammes.**



### **Annexe 3. Rappel de vocabulaire.**

**Alluvions :** matériaux apportés par les cours d'eau et déposés dans les plaines. Les éléments constituant le refus sont généralement roulés. On distingue des alluvions récentes et les alluvions anciennes, ces dernières sont étagés en terrasses.

**Capacité au champ :** capacité de rétention pour l'eau dans un sol en place, bien réhumecté et ressuyé : c'est la plus forte humidité pour laquelle les transferts d'eau sont lents après que excédentaire se soit écoulée par gravité (drainage naturel).

**Capacité d'échange cationique :** capacité maximale de bases qu'un sol peut adsorber. Elle est déterminée dans l'argile par le nombre, la nature, la charge des cations non échangeables se trouvant à l'intérieur même des particules d'argile. Elle s'exprime en milli équivalents par 100g de terre (meq/100g).

**Catena.** répartition des sol sur une même pente à des niveaux différents, dont les plus bas reçoivent les éléments en provenance des plus hauts.

**Colloïde :** substance gélatineuse ayant de très petites dimensions, mais une grande surface par unité de masse (surface spécifique). Les colloïdes peuvent être, soit hydrophiles lorsqu'ils stables et fournissent un gel, soit hydrophobes, comme l'argile, lorsque leur dispersion nécessite une intervention mécanique ou électrique, qui donne suspension. Les colloïdes hydrophobes sont instables et précipitent sous l'action d'électrolyte comme le calcium. Ces colloïdes diffusent très lentement et ne diffusent pas à travers la membrane.

**Colluvions :** matériaux transportés sous l'action de la pesanteur, suite à une érosion, le long des pentes ou au pied de celles-ci. Elles se distinguent facilement des alluvions par le caractère anguleux des éléments constituant le refus, alors que les éléments grossiers des alluvions sont généralement arrondis.

**Complexe absorbant :** ensemble constitué par l'argile et/ou l'humus dans un sol et qui a la propriété de retenir et d'absorber diverses substances. Cette propriété peut facilement s'observer en laissant filtrer une solution alcaline à travers une couche de terre. On constate que la teneur de la solution est plus faible en cas de sol peu saturé donc acide.

**Démantèlement :**

**Drainage :**

**Eau utile :** eau contenue dans le sol et utilisable par la végétation.

**Eluviation :** déplacement de substances du sol à l'intérieur du profil provoquant la formation d'un ou plusieurs horizons appauvris. Suivant le climat, le mouvement de l'eau à l'intérieur

du sol se fait de bas en haut ou de haut en bas. L'horizon appauvri peut donc, dans certains cas se trouver sous l'horizon enrichi.

**Floculation** : précipitation d'une suspension colloïdale sous l'action d'un électrolyte comme le calcium. En précipitant, les micelles colloïdales peuvent emprisonner l'eau qui les a agglomérées et former un gel. La floculation se différencie de la coagulation, qui est un phénomène réversible. Les micelles floculées peuvent donc être remises en suspension.

**Illuviation** : enrichissement d'un horizon aux dépens d'un autre

**Lessivage** : mouvement de l'eau du sol provoquant un entraînement des éléments solubles.

Le lessivage est principalement provoqué par les pluies.

**Orpillage** :

**Pédoclimax** : terme stable au cours de l'évolution d'un sol dominée par le climat et la végétation du lieu.

**Pédoplasation** : modification de la structure due à la pédogenèse

**Pédoturbation** : mouvements cycliques de matériau du sol sous l'influence de la faune, de la flore, du gel/dégel, du gonflement des argiles, de la croissance ou de l'altération des minéraux du sol.

**Point de flétrissement** : quantité minimale d'eau que contient le sol au moment où la plante commence à se flétrir. Elle peut être également définie comme étant l'eau ne gelant pas à la température de 1,25° C. Cette eau n'est pas utilisable par la plante.

**Séquam** : séquence d'un horizon éluvial et de son horizon illuvial A + B.

**Solum** : partie du profil du sol où a lieu le maximum des activités des racines et biologiques.

---

## Table des matières

---

|  | Pages     |
|--|-----------|
| <b>Introduction</b>  | <b>1</b>  |
| <b>Problématique</b>   | <b>1</b>  |
| <b>Objectif et plan</b>  | <b>1</b>  |
| <b>Chapitre 1 : Conditions naturelles du milieu</b>                      | <b>2</b>  |
| <b>1. Cadre géographique</b>   | <b>2</b>  |
| <b>1. 1 Situation géographique</b>                                       | <b>2</b>  |
| <b>1. 2 Climatologie et végétation</b>                                   | <b>2</b>  |
| <b>2. Contexte géologique régional</b>                                   | <b>4</b>  |
| <b>2. 1 Le carton ouest africain</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>2. 2 Fenêtre Kedougou-Kénieba</b>                                     | <b>5</b>  |
| <b>3. Contexte géomorphologique régional</b>                             | <b>7</b>  |
| <b>4. Pédologie</b>  | <b>10</b> |
| <b>Chapitre 2 : méthodologie</b>   | <b>12</b> |
| <b>1. Méthodes de terrain</b>  | <b>12</b> |
| <b>2. Méthodes de laboratoire</b>  | <b>12</b> |
| <b>Chapitre 3 : Etude du secteur de Tinkoto</b>                          | <b>15</b> |
| <b>1. Matériel</b>   | <b>15</b> |
| <b>1. 1 Cadre géologique local</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>1. 2 Cadre géomorphologique local</b>                                 | <b>17</b> |
| <b>2. Les formations cuirassées</b>                                      | <b>18</b> |
| <b>2. 1 Limites de la cuirasse dans la zone de Tinkoto</b>               | <b>18</b> |
| <b>2. 2 Caractéristiques de la cuirasse</b>                              | <b>18</b> |
| <b>2. 3 Le démantèlement de la cuirasse et la formation des sols</b>     | <b>19</b> |
| <b>2. 3. 1 Démantèlement de la cuirasse sur granite de Tinkoto</b>       | <b>20</b> |
| <b>2. 3. 2 Démantèlement de la cuirasse sur roche basique de Tinkoto</b> | <b>21</b> |

|   |    |
|---|----|
| 2. 3. 3 Du démantèlement de la cuirasse à la formation des sols   | 21 |
| a. Sols sur cuirasse peu démantelée   | 22 |
| b. Sol sur cuirasse à démantèlement de surface dominant   | 22 |
| c. Sol sur cuirasse ferrugineuse à démantèlement interne et superficiel concomitants                                      | 22 |
| d. Sol sur cuirasse ferrugineuse à démantèlement interne et basal dominant  | 22 |
| e. Sol sur cuirasse ferrugineuse entièrement démantelée   | 23 |
| $\alpha$ Sur altération kaolinique tachetée sur granite   | 23 |
| $\beta$ Sur altération smectitique (altération pistache   | 23 |
| 3. Conclusion   | 24 |
| Chapitre 4 : Résultats de l'étude monographique des sols issus du démantèlement de la cuirasse dans le secteur de Tinkoto | 25 |
| 1. Situation des profils étudiés  | 25 |
| 2. Caractéristiques morphologiques des sol étudiés  | 27 |
| 2. 1 Sol sur cuirasse   | 27 |
| 2. 2 Sol ferrugineux tropical lessivé   | 27 |
| 2. 3 Les vertisols et paravertisols   | 29 |
| 2. 4 Les sols bruns eutrophes   | 31 |
| 3. Caractéristiques physico-chimiques   | 33 |
| 3. 1 La granulométrie   | 33 |
| 3. 2 La capacité pour l'eau   | 35 |
| 3. 3 Le pH  | 36 |
| 3. 4 La conductivité électrique   | 37 |
| 3. 5 La matière organique   | 37 |
| 3. 6 L'azote total  | 39 |
| 3. 7 Le phosphore   | 39 |
| 3. 8 Le fer total   | 39 |
| 3. 9 Le complexe adsorbant : capacité d'échange cationique (CEC ou T), bases échangeables et taux de saturation           | 41 |
| 4. Conclusion   | 43 |
| 5. Discussion des résultats   | 44 |
| 5. 1 Aspects morphologiques   | 44 |

|   |           |
|---|-----------|
| 5. 2 Aspects physico-chimiques  | 45        |
| 5. 2. 1 Texture   | 45        |
| 5. 2. 2 Le complexe absorbant   | 46        |
| 5. 2. 3 La matière organique  | 47        |
| 5. 2. 4 L'azote total   | 47        |
| 5. 2. 5 Le phosphore  | 48        |
| 5. 2. 6 Le fer total  | 48        |
| 5. 3 Classification des sols étudiés  | 48        |
| 5. 3. 1 Profil TK7  | 48        |
| 5. 3. 2 Profils TK12, TK8 et TK2  | 49        |
| 5. 3. 3 Profil TK5  | 49        |
| 6. Rappel des facteurs limitants et recommandations   | 50        |
| <b>Chapitre 5 : Classification des sols du Sénégal oriental en fonction de leurs aptitudes culturales</b> | <b>51</b> |
| 1. Définition des unités à vocation culturales  | 51        |
| 2. Les différentes classes d'aptitude des sols  | 53        |
| 2. 1 Classe d'aptitude A  | 52        |
| 2. 1. 1 Les vertisols et paravertisols  | 53        |
| 2. 1. 2 Les sols bruns eutrophes  | 54        |
| a. Extension  | 54        |
| b. Valeur et utilisation de ces sols  | 55        |
| 2. 1. 3 Les sols hydromorphes   | 55        |
| a. Extension  | 55        |
| b. Valeur et utilisation de ces sols  | 56        |
| 2. 2 Classe d'aptitude B  | 57        |
| 2. 2. 1 Les sols ferrugineux tropicaux à tâches et à concrétions  | 57        |
| a. Extension  | 57        |
| b. Valeur et utilisation de ces sols  | 58        |
| 2. 2. 2 a. Les sols ferrallitiques  | 58        |
| a. Extension  | 58        |
| b. Valeur et utilisation de ces sols  | 69        |
| 2. 3 Classe d'aptitude C  | 60        |
| 2. 3. 1 Sols peu évolués  | 60        |
| a. Extension  | 60        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>b. Valeur et utilisation de ces sols</b> | <b>61</b> |
| <b>2. 3. 2 Les sols halomorphes</b>         | <b>62</b> |
| <b>a. Extension</b>                         | <b>62</b> |
| <b>b. Valeur et utilisation de ces sols</b> | <b>63</b> |
| <b>2. 4 Classe d'aptitude D</b>             | <b>63</b> |
| <b>a. Extension</b>                         | <b>63</b> |
| <b>b. Valeur et utilisation de ces sols</b> | <b>64</b> |
| <b>2. 5 Conclusion</b>                      | <b>64</b> |
| <b>Chapitre 6 : Conclusion générale</b>     | <b>65</b> |

# CARTOGRAPHIE DE LA CUIRASSE ET CARACTERISATION DES SOLS ISSUS DE SON DEMANTELEMENT DANS LE SECTEUR DE TINKOTO-SENEGAL ORIENTAL

Mémoire de D.E.A présenté par Crépin E. R. Louhoungou

Soutenu le 29 Juillet 2000

Devant la commission d'examen composée :

|     |            |                    |            |
|-----|------------|--------------------|------------|
| MM. | R. Sarr    | Université C. A. D | Président  |
|     | F. Diome   | Université C. A. D | Rapporteur |
|     | P. M. Ngom | Université C. A. D | Examineur  |
|     | P. Ndiaye  | Université C. A. D | Examineur  |

## Résumé

Une bonne partie de la superficie du Sénégal oriental en général et de Tinkoto en particulier, est occupée par la cuirasse, sous forme de plateaux étagés. Cette extension de la cuirasse aussi bien considérable sur le plan vertical (environ 3 mètres de profondeur) que horizontal, est un obstacle important à la mise en valeur agricole de la région. Cependant, en dépit de ces caractères gênant qu'elle offre, la cuirasse par son démantèlement constitue une roche mère de sols de diverses natures.

Notre étude a permis d'en distinguer 5 types dont la répartition est une fonction de la topographie. On distingue donc les sols exondés, situés sur la cuirasse et les versants, et les sols inondables situés sur les bas de pente, des plateaux cuirassés. Le premier type est représenté par les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les sols peu évolués d'érosion et les sols sur cuirasse. Leur fraction argileuse est presque exclusivement kaolinique. Celle-ci augmente régulièrement avec la profondeur et impose aux sols ses propriétés : faible capacité rétention d'eau et des éléments minéraux ( $3 \text{ me } 100\text{g} < \text{CEC} > 5 \text{ me } 100\text{g}$ ). Leur fertilité dépend en général de la bonne décomposition matière organique ( $\text{C/N} \approx 10$ ) qui cependant se trouve en faible quantité (0.02 à 0.7%).

Le second type est représenté par les vertisols et les sols bruns eutrophes. Ils sont marqués par une certaine homogénéité aussi bien latérale que verticale. Leur fraction argileuse est fortement influencée par la montmorillonite. Celle-ci leur confère un haut potentiel chimique ( $10 < \text{CEC} > 35 \text{ me } 100\text{g}$ ), mais aussi de mauvaises propriétés physiques (forte cohésion à l'état sec, mouvement mécaniques dus au jeu d'humectation-dessiccation...). Ces propriétés physiques sont moins gênantes chez les sols bruns eutrophes. Leur matière organique est généralement en quantité faible à moyenne (0.05 à 1%), et sa décomposition est variables d'un profil à l'autre. En surface, la matière organique est en général mal décomposée sur les vertisols ( $\text{C/N} \geq 15$ ). L'interprétation de ces données, nous a permis de constater que les vertisols et sur tout les sols bruns eutrophes, situés en bas de pente présentent les caractéristiques les plus favorables aux cultures les plu exigeantes (coton, sorgho, maïs...). Tandis que les autres sols, situés en position plus élevée, à l'exception des sols sur cuirasse seraient plus aptes aux cultures les moins exigeantes (arachide, mil...).

Une extrapolation a été faite à partir des ces données recueillies à Tinkoto. Une carte régionale (au 1/500.000) de classification de sols en fonction de leur aptitudes culturales a été réalisée. Nous avons obtenu 4 classes d'aptitudes de sols.

Mots-clefs : Tinkoto, Cuirasse, démantèlement, kaolinite, montmorillonite, labours, culture intensive, culture extensive.