

BURKINA FASO
Unité - Progrès - Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE, SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO
(U.P.B)

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT RURAL
(I.D.R)

RENFORCEMENT DE LA
CAPACITÉ DE RECHERCHE
PLURIDISCIPLINAIRE SUR
L'ENVIRONNEMENT
(ENRECA)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

THEME

**TELEDETECTION ET CARTOGRAPHIE DES SOLS
DEGRADEES DANS QUELQUES TERROIRS DU
CENTRE-NORD DU BURKINA FASO :**

*Cas des villages de Loaga, Niénéga, Dablo, Namissiguima
et Soubeira.*

*À ma famille
pour tous les sacrifices
consentis à mon égard.*

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES CARTES.....	iv
LISTE DES PHOTOS.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	v
RESUME.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LA TELEDETECTION ET LES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES (SIG)	3
1-1 Généralités sur la télédétection	3
1-1-1 Définition	3
1-1-2 Historique et évolution de la télédétection	4
1-1-3 Eléments de base de la télédétection	4
1-1-3-1 Le rayonnement électromagnétique	4
1-1-3-2 Les signatures spectrales.....	5
1-1-3-3 Les capteurs	6
1-1-3-4 Les plates-formes.....	6
1-1-4 Les produits de la télédétection.....	7
1-1-5 Les prises de vues aériennes.....	7
1-1-6 La Photo-interprétation	8
1-1-7 La cartographie.....	8
1-2 Généralités sur les SIG	10
1-2-1 Définition	10
1-2-2 Domaines d'utilisation des SIG.....	10
1-2-3 Intégration SIG /Télédétection	11
1-3 Conclusion.....	12
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	13
2-1 Milieu physique.....	13
2-1-1 Situation géographique.....	13
2-1-2 Climat	13
2-1-2-1 Pluviométrie.....	16
2-1-2-2 Température.....	17
2-1-2-3 Humidité relative.....	17
2-1-2-4 Période végétative.....	17
2-1-2-5 vents.....	18
2-1-3 Géologie et géomorphologie	18
2-1-4 Sols.....	19
2-1-5 végétation.....	20
2-2 Milieu humain.....	21
2-2-1 Population	21
2-2-2 Activités socio-économiques.....	22
CHAPITRE 3 : PROBLEMATIQUE DE LA DEGRADATION DES SOLS	23
3-1 Dégradation des sols : définition et formes	23
3-1-1 Définitions	23
3-1-2 Formes de dégradation	24
3-1-2-1 Dégradation physique.....	24
3-1-2-2 Dégradation chimique	25
3-1-2-3 Dégradation biologique	25
3-2 La dégradation des sols, un phénomène mondial	26
3-3 Dégradation des sols au Burkina Faso	27
3-4 Dégradation des sols dans le Centre-nord du Burkina Faso.....	28
3-4-1 Superficies cultivables	28
3-4-2 Etat de la dégradation.....	28
3-4-3 Facteurs de la dégradation des sols	29

3-4-3-1 Facteurs naturels	29
3-4-3-2 Facteurs anthropiques.....	30
3-4-3-2-1 Pratiques culturelles inadéquates	30
3-4-3-2-2 Surpâturage.....	31
3-4-3-2-3 Coupe du bois et feux de brousse	31
3-5 Formation des "zipelsé".....	32
3-5-1 Définition du "zipellé".....	32
3-5-2 Formation des "zipelsé".....	32
3-5-2-1 Fermeture du sol.....	33
3-5-2-1-1 Sols nus à pellicule plasmique	33
3-5-2-1-2 Sols nus encroûtés	34
3-5-2-2 Des réorganisations superficielles aux "zipelsé"	34
3-6 Reponses anthropiques.....	35
3-6-1 Processus naturels	35
3-6-2 Techniques s'inscrivant dans la conduite des systèmes de culture	36
3-6-3 Techniques d'aménagement et d'amélioration foncière.....	37
3-7 Conclusion.....	41
CHAPITRE 4 : METHODOLOGIE.....	42
4-1 Recherche documentaire.....	42
4-2 Travaux cartographiques.....	42
4-2-1 Recherche des photographies aériennes	42
4-2-2 Photo-lecture.....	43
4-2-3 Sortie de reconnaissance.....	43
4-2-4 Photo-interprétation.....	43
4-2-5 Elaboration des cartes provisoires.....	44
4-2-6 Sortie de validation.....	44
4-2-7 Cartographie définitive.....	45
4-3 Identification et choix des états de surface	46
4-4 Pénétrométrie.....	47
4-5 Simulation de pluies.....	47
4-6 Prélèvement d'échantillons et analyses	48
CHAPITRE 5 : EXPRESSION ET ANALYSE DES RESULTATS.....	49
5-1 Géomorphologie et sols nus.....	49
5-1-1 Résultats à Kongoussi.....	51
5-1-1-1 Géomorphologie.....	51
5-1-1-2 Répartition des sols nus	52
5-1-2 Résultats à Dablo.....	54
5-1-2-1 Géomorphologie.....	54
5-1-2-2 Répartition des sols nus	55
5-1-3 Résultats à Namissiguima.....	57
5-1-3-1 Géomorphologie.....	57
5-1-3-2 Répartition des sols nus	58
5-1-4 Résultats à Soubeira	60
5-1-4-1 Géomorphologie.....	60
5-1-4-2 Répartition des sols nus	61
5-1-5 Discussion.....	63
5-1-6 Répartition des sols en fonction des unités géomorphologiques.....	65
5-1-7 Conclusion.....	65
5-2 Analyse diachronique de l'occupation des terres entre 1955 et 1995.....	66
5-2-1 Résultats à Namissiguima.....	66
5-2-2 Résultats à Kongoussi.....	70
5-2-3 Discussion.....	73
5-2-4 Conclusion.....	74
5-3 Caractéristiques principales des états de surface.....	74
5-3-1 Les états nus.....	74
5-3-2 Les états végétalisés.....	74
5-3-2 Les états de transition	74
5-4 Mesure de la pression dans le sol.....	77

5-4-1 Résultats et discussion	77
5-4-1-1 Sites de Loaga et Niénéga.....	77
5-4-1-2 Sites de Dablo I et II.....	78
5-4-1-3 Site de Namissiguima.....	80
5-4-1-4 Site de Soubeira.....	80
5-4-2 Conclusion	81
5-5 Caractérisation hydrodynamique des états de surface.....	81
5-5-1 Résultats et discussion.....	82
5-5-2 Conclusion	84
5-6 Analyses granulométriques et chimiques	85
5-6-1 Résultats à Loaga et Niénéga	86
5-6-2 Résultats à Dablo I et II.....	87
5-6-3 Résultats à Namissiguima.....	88
5-6-4 Résultats à Soubeira	89
5-6-5 Conclusion	90
5-7 Récapitulatif des caractéristiques des états de surface.....	91
CONCLUSION GENERALE	92
BIBLIOGRAPHIE.....	94
ANNEXES	

REMERCIEMENTS

Nous ne saurions terminer ce stage sans exprimer toute notre gratitude à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à son bon déroulement et à la réalisation de ce présent mémoire. Tout particulièrement, nous tenons à remercier :

- le Dr. ZOMBRE N. Prosper, notre maître de stage et directeur de mémoire pour l'encadrement que nous avons bénéficié tout au long de ce stage, et pour la correction du manuscrit ;
- Mr CABORE Frédéric, notre co-maître de stage, expert en télédétection et SIG pour les formations reçus en informatique, photo-interprétation et télédétection, pour le suivi cartographique en salle et sur le terrain, pour ses nombreux conseils très constructifs et pour la correction du manuscrit ;
- Mr SANOU patrice, consultant international en télédétection et SIG pour les formations reçues en cartographie et SIG, l'initiation à ARCINFO qui nous a été très utile dans l'élaboration des cartes définitives, et enfin pour le suivi lors de la numérisation et de la documentation des cartes ;
- le projet ENRECA pour l'appui financier et matériel dont nous avons bénéficié pendant ce stage, ainsi que tout son personnel, notamment Mr DONDASSE Issaka, chauffeur dudit projet qui a partagé avec nous les dures labeurs sur le terrain ;
- le projet jachère pour avoir financé certaines analyses physico-chimiques ;
- le Dr. MANDO Abdoulaye à l'antenne Sahélienne non seulement pour nous avoir guidé dans nos travaux, et mis à notre disposition le pénétromètre et le micro-simulateur de pluies que nous avons utilisés sur le terrain mais aussi pour sa contribution à l'interprétation des données hydrodynamiques ;
- le Dr. Somé Arsène Salibo pour ses conseils et suggestions quant aux travaux de terrain en vue de la caractérisation des états de surface ;
- le personnel du BUNASOLS, notamment Mr SORI Sélé pour ses orientations et suggestions dans l'étude du thème et, pour les documents mis à notre disposition au sein du BUNASOLS, Mr NEBIE Alfred Kanké pour sa contribution à la correction des cartes provisoires, Mr BOMBIRI Victor, Directeur du Laboratoire d'Analyse des Sols, pour la correction du manuscrit ;
- les responsables du laboratoire d'écologie de l'université de Ouagadougou pour nous avoir permis d'obtenir les données physico-chimiques ;

- la Direction Provinciale de l'Agriculture du Sanmatenga et le PEDI Kaya pour la documentation et les informations reçues ;
- la Direction Régionale de l'Environnement et des Eaux et Forêts du Centre-nord /Kaya, pour les documents mis à notre disposition ;
- Mr NACOULMA Jean Didier, étudiant PhD en télédétection et SIG au projet ENRECA et tous les étudiants en géographie associés au dit projet pour leur soutien lors des travaux cartographiques ;
- Mr DOUDOULGOU Seydou, technicien au projet jachère pour avoir toujours été à nos cotés lors des travaux de terrain et de laboratoire ;
- Mlles Boly Aminata, secrétaire de direction et Yaméogo Ulrich Théodora, interprète-traductrice respectivement pour leur concours lors de la saisie de ce document et à la rédaction de l'abstract ;
- mes amis, mes parents, mes frères et sœurs qui m'ont supporté et encouragé tout au long de ce stage ;
- les populations des différents sites d'étude pour leur collaboration et encouragements lors des sorties terrains.

Que tous ceux qui très nombreux pour être cités nommément nous apporté leur soutien et contribution, trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

- ADRK : Association pour le Développement de la Région de Kaya.
- BUNASOLS : Bureau National des Sols.
- CNLD : Comité National de Lutte contre la Désertification.
- COMITAS : Commission Ministérielle de la technologie de la Télédétection Aérospatiale.
- CRPA : Centre Régional de Promotion Agro-pastorale.
- DPA : Direction Provinciale de l'Agriculture.
- DREEF : Direction Régionale de l'Environnement et des Eaux et Forêts.
- FAO : Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- GPS : Global Positioning System.
- IGB : Institut Géographique du Burkina.
- INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie.
- MAE : Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage.
- MARA : Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales.
- ONG : Organisation Non Gouvernementale.
- IRD : Institut de Recherche pour le Développement (ex ORSTOM).
- PATECORE /GTZ : Programme d'Aménagement des Terroirs et de Conservation des Ressources /Coopération Allemande.
- PEDI : Programme et Exécution du Développement Intégré.
- PNGIM : Programme National de Gestion de l'Information sur le Milieu.
- PRSAP : Plan Régional du Secteur Agro-pastoral.
- SAER : Service de l'Aménagement de l'Espace Rural.
- SIG : Système d'Information Géographique.
- USDA : United State Departement of Agriculture.
- UTM : Mercator Transvers Unities.

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Situation de la zone d'étude.....	14
Figure 2 : Localisation des villages d'étude.....	15
Figure 3 : Evolution de la pluviométrie à Kongoussi de 1955 à 1998.....	16
Figure 4 : Evolution de la pluviométrie à Kaya de 1955 à 1996.....	16
Figure 5 : Réalisations en cordons pierreux dans le Sanmatenga de 1988 à 1994.....	39
Figure 6 : Réalisations en cordons pierreux à Dablo de 1988 à 1994.....	39
Figure 7 : Réalisations de digues filtrantes dans le Sanmatenga de 1988 à 1994.....	40
Figure 8 : Réalisations de digues filtrantes à Dablo de 1988 à 1994.....	40
Figure 9 : Evolution des superficies aménagées en fumure organique, zaï et paillage dans le Bam.....	40
Figure 10 : Pénétrométrie à Niénéga.....	78
Figure 11 : Pénétrométrie à Loaga.....	78
Figure 12 : Pénétrométrie à Dablo I.....	79
Figure 13 : Pénétrométrie à Dablo II.....	79
Figure 14 : Pénétrométrie à Namissiguïma.....	80
Figure 15 : Pénétrométrie à Soubeira.....	81

LISTE DES CARTES

	Page
Carte n°1 : Géomorphologie et sols nus à Kongoussi.....	53
Carte n°2 : Géomorphologie et sols nus à Dablo.....	56
Carte n°3 : Géomorphologie et sols nus à Namissiguïma.....	55
Carte n°4 : Géomorphologie et sols nus à Soubeira.....	62
Carte n°5 : Occupation des terres à Namissiguïma en 1955.....	68
Carte n°6 : Occupation des terres à Namissiguïma en 1995.....	69
Carte n°7 : Occupation des terres à Kongoussi en 1955.....	72

LISTE DES PHOTOS

	Page
Photo n°1 : Etat de surface dénudée à Loaga (croûte ERO algair associée à croûte DEC).....	75
Photo n°2 : Etat de surface transition à Dablo I.....	75
Photo n°3 : Etat de surface végétalisé à Dablo I.....	75

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau n°1 : Principales fenêtres atmosphériques.....	5
Tableau n°2 : Effectif démographique des villages et provinces d'étude.....	21
Tableau n°3 : Les facteurs de dégradation dans le monde.....	26
Tableau n°4 : Superficies aménagées en zaï et demi lunes dans le Sanmatenga.....	39
Tableau n°5 : Plantations d'arbres dans les provinces du Bam et du Sanmatenga.....	39
Tableau n°6 : Liste des photographies aériennes interprétées.....	42
Tableau n°7 : Unités géomorphologiques à Kongoussi.....	51
Tableau n°8 : Répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques à Kongoussi.....	52
Tableau n°9 : Unités géomorphologiques à Dablo.....	54
Tableau n°10 : Répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques à Dablo	55
Tableau n°11 : Unités géomorphologiques à Namissiguima	57
Tableau n°12 : Répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques à Namissiguima	58
Tableau n°13 : Unités géomorphologiques à Soubeira	60
Tableau n°14 : Répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques à Soubeira	61
Tableau n°15 : Perte en terre à Séfa (Sénégal) enregistrée sur pente de 1 à 1.5%	63
Tableau n°16 : Evolution des unités d'occupation des terres entre 1955 et 1995 à Namissiguima	67
Tableau n°17 : Evolution des unités d'occupation des terres entre 1955 et 1995 à Kongoussi	71
Tableau n°18 : Description des états de surface sur chaque site	76
Tableau n°19 : Résultat de la simulation de pluies sur les différents sites.....	82
Tableau n°20 : Analyses granulométriques à Loaga et Niénéga	86
Tableau n°21 : Analyses chimiques à Loaga et Niénéga	86

Tableau n°22 : Analyses granulométriques à Dablo I et II.....	87
Tableau n°23 : Analyses chimiques à Dablo I et II	88
Tableau n°24 : Analyses granulométriques à Namissiguima	88
Tableau n°25 : Analyses chimiques à Namissiguima	89
Tableau n°26 : Analyse granulométriques à Soubeira	89
Tableau n°27 : Analyses chimiques à Soubeira	89
Tableau n°28 : Synthèse de la caractérisation des états de surface	91

RESUME

La problématique de la dégradation des ressources naturelles et du sol en particulier reste un sujet préoccupant dans le Centre-nord du Burkina Faso, où l'exploitation anarchique ou continue des sols sous un climat rude a entraîné un déséquilibre écologique important.

Par l'utilisation de la télédétection et des SIG, l'étude que nous avons menée dans quatre terroirs du Centre-nord, repartis dans les provinces du Bam et du Sanmatenga, a permis une localisation spatiale des sols nus sur les unités géomorphologiques, montrant ainsi l'impact du relief dans le phénomène de la dégradation des sols. Ces sols nus dont l'importance est accrue sur les glacis pente inférieure, moyenne et supérieure est fonction de la nature du relief résiduel et de la longueur des glacis.

L'analyse diachronique de l'occupation des terres entre 1955 et 1995 pour deux des quatre terroirs, révèle un important accroissement des sols nus, et des zones de culture qui ont plus que doublé.

Les tests de pénétrométrie et de simulation de pluies révèlent que ces sols nus sont impropres à l'activité racinaire du fait des pressions très élevées, supérieures ou égales à 0.80MPa. Les croûtes ERO et DEC qui les recouvrent limitent davantage l'infiltration de l'eau qui y est inférieure ou égale à 4%. Les résultats sont tout à fait contraires en zone de végétation où le coefficient d'infiltration est 7 à 10 fois supérieur, et les pressions favorables.

Enfin, la caractérisation des trois états des surface nu, végétalisé et transition sur le plan physique, chimique et hydrodynamique montre une transition beaucoup plus proche de l'état dénudé, impliquant probablement une tendance à la restauration naturelle de ces milieux.

MOTS CLES

Analyse diachronique - Dégradation - Déséquilibre écologique - Etat de surface - SIG
- Sol nu - Télédétection - Unités géomorphologiques

ABSTRACT

The degradation of natural resources and soil in particular remains a great concern in the Northern-Centre part of Burkina, where uncontrolled and ongoing exploitation of lands has led to serious ecologic imbalances.

We have carried out a study in four areas in the provinces of Bam and Sanmatenga, through remote sensing and GIS. The study enabled us to make a spatial localisation of bare soils on geomorphologic units and thus, to show the impact of the relief on soil degradation. The increased significance of these bare soils on low, medium and high glacis, is related to the residual relief and the length of glacis.

The diachronic analysis of land use between 1955 and 1995 in two of the four areas reveals that there is a significant increase in bare soils and that the number of farming lands has more than doubled.

Penetrometry and rain simulation tests have shown that bare soils are not suitable for roots activities because of pressures higher than or equal to 0.80Mpa. The ERO and DEC crusts covering these soils, further limit water infiltration to about 4%. Results are quite different when dealing with vegetation areas : pressures are favorable and infiltration coefficient is seven or ten times higher than the previous one. Finally, the characterisation of these three surface states i.e. bare soils, vegetation areas, transition soils at the physical, chemical and hydrodynamical levels reveals a transition closer to bare state. This probably implies a tendency towards natural regeneration of these areas.

KEY WORDS

Bare soil – Degradation - Diachronic analysis - Ecologic imbalance -
Geomorphologic units - GIS - Remote sensing - Surface state

INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, la croissance démographique, l'insertion progressive de l'agriculture dans une économie de marché et l'évolution sensible des zones climatiques sont quelques unes des causes de changements importants de l'environnement rural (BERGER, 1996).

Dans le Centre-Nord du Burkina Faso, zone essentiellement sahélienne au climat hostile (faible pluviométrie, températures élevée, etc.), cet environnement est caractérisé par une surexploitation des terres et une baisse graduelle des ressources naturelles, notamment la ressource sol. Cette zone en effet, est l'une des plus peuplées et la plus pauvre du pays (INSD, 1996 a). Une pression croissante s'exerce sur les sols cultivés (40% de la superficie dite cultivable est exploitée chaque année et, ce pourcentage s'accroît annuellement d'environ deux points) (BUNASOLS,1990). Les terres marginales (faible épaisseur, forte pente,...) sont sans cesse utilisées. Les zones encore arborées sont de plus en plus sollicitées par les défriches quand cela est encore possible et la recherche de bois d'œuvre et de chauffe. Les sols alors pauvres en matière organique et mal protégés par une végétation peu dense ont tendance sous l'effet des fortes précipitations à subir des réorganisations superficielles importantes, limitant encore l'infiltration (CASENAVE et VALENTIN, 1989). Ils deviennent davantage pauvres, fragiles, en proie à une érosion éolienne et à un ruissellement intense (CISSE et TOURE, 1991). L'équilibre écologique est rompu, les seuils de tolérance sont atteints et parfois franchis. Ainsi, selon KAMBOU et ZOUGMORE (1996) dans les zones Centre et Nord du Burkina Faso, la dégradation accentuée du sol du fait des phénomènes naturels et anthropiques a entraîné la formation de *glacis dénudés* dont l'importance devient inquiétante devant la pression foncière que connaissent les régions. Dans les provinces du Bam et du Sanmatenga, on assiste donc depuis quelques années à l'apparition et à l'extension de sols dénudés et encroûtés communément appelés « *zipelsés* » en langue nationale moré. Ce phénomène de " zipellisation " si on peut ainsi l'appeler, de par son étendu et la complexité des phénomènes qui y concourent mérite que l'on s'y attarde un temps soit peu car, la dégradation des terres selon HIEN et *al.* (1991) constitue une des principales contraintes de l'agriculture au Burkina Faso, compromettant ainsi la durabilité de la production agricole et par conséquent, la sécurité alimentaire des populations qui en dépendent presque à 92%. Selon TRICART (1962), la dégradation des terres intéresse l'avenir biologique même de notre race car, dramatique problème dans un siècle pendant lequel la population du globe aura triplée.

L'étendue de la zone d'étude, l'ampleur du phénomène de dégradation des sols, et selon l'INERA et le BUNASOLS (1996), les problèmes rencontrés dans l'estimation des superficies commandent l'utilisation de techniques modernes plus appropriées que sont la télédétection et les Systèmes d'Information Géographiques (SIG).

C'est dans ce contexte, que s'inscrit l'étude du thème TELEDETECTION ET CARTOGRAPHIE DES SOLS DEGRADÉS DANS QUELQUES TERROIRS DU CENTRE-NORD DU BURKINA FASO : cas des villages de Loaga, Niénéga, Dablo, Namissiguima, et Soubeira.

Excepté Namissiguima, signalons que les autres sites ont été l'objet d'une étude préalable mais incomplète sur l'évolution des sols nus et de la végétation environnante par AHOUANDJINO (1998).

A travers la présente étude, il s'agit pour nous de :

- montrer l'impact du relief dans le phénomène de la dégradation des terres à travers l'établissement de cartes géomorphologiques comportant les sols nus ;
- décrire l'évolution de l'occupation des terres grâce à un suivi diachronique à partir des photographies aériennes depuis 1955 pour les terroirs de Kongoussi (Loaga et Niénéga) et Namissiguima ;
- établir une caractérisation des sols dégradés du point de vue physique, chimique et hydrodynamique.

Le présent mémoire comporte cinq grands chapitres:

- (I) - Généralités sur la télédétection et les SIG ;
- (II) - Présentation de la zone d'étude;
- (III) - Problématique de la dégradation des terres ;
- (IV) - Méthodologie ;
- (V) - Expression et analyse des résultats

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LA TELEDETECTION ET LES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES (SIG)

1-1 GENERALITES SUR LA TELEDETECTION

1-1-1 Définition

La télédétection au sens large est l'ensemble des moyens permettant de saisir à distance des informations sur la surface terrestre (LEO et DIZIER, 1986). BONN et ROCHON (1993) la définissent comme étant la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide des plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'informations à distance, sans contact direct avec l'objet détecté. La télédétection se définit aussi comme « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (COMITAS, 1988).

La télédétection moderne est née de la photographie aérienne, dont la vue générale et verticale a modelé nos habitudes d'inventaire, de cartographie et de surveillance de l'environnement et des ressources depuis plus d'un siècle. Elle intègre les développements plus récents de la recherche spatiale, de la physique et de l'informatique pour constituer aujourd'hui un outil des plus puissants et des plus flexibles pour la gestion du milieu, la planification et le développement économique. Comme elle fait appel à des techniques en évolution rapide dans un mode en changement, ses possibilités d'application sont en croissance constante et l'on découvre de plus en plus des domaines où elle peut remplacer avantageusement les méthodes traditionnelles longues, coûteuses et fastidieuses, ou encore intervenir comme un outil complémentaire qui améliore l'efficacité des méthodes conventionnelles éprouvées. Elle apporte aussi une information nouvelle, différente et spatialement localisée. La télédétection est source principale d'information pour les études de la transformation du milieu tant à l'échelle de nos pays qu'au niveau planétaire et, intervient directement dans le développement de la conscience universelle face à la dégradation des écosystèmes.

1-1-2 Historique et évolution de la télédétection

L'histoire de la télédétection commence en 1783 avec le vol du premier ballon. Cet événement historique jumelé à l'invention de la plaque photographique par Daguerre et Niepce en 1839, permit à Félix Tournachon en 1858 de prendre la première photographie aérienne de Paris. Ces deux faits historiques constitueront les bases de la télédétection contemporaine. Dès lors, de nombreuses investigations sont entreprises dans les domaines spectrales, spatial et de l'intelligence artificielle afin d'aiguiser cette technique à de fins militaires. Jusque vers 1970, la télédétection restait limitée à la photographie aérienne, utilisée pour établir des cartes topographiques ou thématiques. Mais depuis une trentaine d'années, on note un essor sans précédent dans ce domaine avec le développement de l'électronique et le remplacement des capteurs photochimiques (réactifs des pellicules) par des capteurs électroniques (détecteurs de lumière, thermographie, radars). L'imagerie de satellite surtout est devenue accessible au public en permettant une souplesse et un coût d'utilisation très positif, (LEO et DIZIER, 1986). En Afrique de l'Ouest, la télédétection dans ses premières années d'application était associée à des études globales du milieu. Une des premières études au début des années 1960 comprenait l'inventaire des ressources en eau, sols et végétation dans les zones de savane du Soudan (MOKADEM et NONGUIERMA, 1989).

En télédétection, quatre éléments sont essentiels : 1) le support de l'information à détecter (rayonnement électromagnétique) ; 2) les caractéristiques de l'objet à détecter (signature spectrale) ; 3) les caractéristiques de l'outil de détection (capteurs) ; 4) les plateformes .

1-1-3 Eléments de base de la télédétection

1-1-3-1 Le rayonnement électromagnétique

La télédétection utilise les propriétés physiques des objets à la surface de la terre, notamment leurs propriétés optiques pour obtenir des informations sur leur nature. Ces informations sont portées vers le système d'observation à l'aide d'un rayonnement électromagnétique telle la lumière qui est la manifestation visible de ce rayonnement. Ce rayonnement est une quantité d'énergie engendrée par des mouvements vibratoires entre les particules moléculaires et qui se déplace en ligne droite tant que l'indice de réfraction du milieu reste constant. Ce mouvement vibratoire se caractérise par : la période, la vitesse de propagation, la longueur de l'onde et sa fréquence. Le principe fondamental qu'utilise la

téledétection dans la reconnaissance des objets est basé sur le fait que tout corps à la surface de la terre dont la température est supérieure à zéro degré Kelvin émet des radiations. En effet, tout corps à la surface terrestre reçoit de l'énergie dont une partie est absorbée, une autre transmise et une autre émise ou réfléchi. C'est cette dernière dont la valeur numérique est enregistrée par les capteurs portés en altitude par les plates-formes. Le rayonnement électromagnétique peut être influencé par les propriétés physiques, chimiques, la forme et la couleur de l'objet à détecter mais aussi par la qualité de l'atmosphère. La télédétection utilise les fenêtres atmosphériques allant de l'ultraviolet (0,35-0,75 μm) au hyperfréquences (20,0 mm et au delà) (tableau n°1) .

Tableau n°1 : Principales fenêtres atmosphériques

Les fenêtres sont les parties du spectre électromagnétique où l'atmosphère est transparente au rayonnement

<i>Fenêtres</i>	<i>de</i>	<i>à</i>
Ultraviolet et visible	0,35	0,75 μm
Proche infrarouge	0,77	0,91 μm
	1,00	1,12 μm
	1,19	1,34 μm
Infrarouge moyen	1,55	1,75 μm
	2,05	2,40 μm
Infrarouge thermique	3,35	4,16 μm
	4,50	5,00 μm
	8,00	9,20 μm
	10,20	12,40 μm
	17,0	22,00 μm
Hyperfréquence	2,06	2,22 mm
	3,00	3,750 mm
	7,50	11,50 mm
	20,00	et au delà

Source : Précis de télédétection, volume 1

1-1-3-2 Les signatures spectrales

On a pris en télédétection l'habitude de caractériser les surfaces observées par sept signatures différentes (ROYER, 1991) :

- la signature par mesure de l'intensité du signal émis ou réfléchi ;
- la signature spectrale proprement dite, associée à la couleur au sens large ;
- la signature spatiale exprimant la forme des objets et leur arrangement ;
- la signature angulaire, associée à l'anisotropie de la surface et de l'atmosphère ;
- la signature temporelle, associée aux modifications de la surface comme la croissance de la végétation ;

- la signature par la polarisation du signal, appliquée surtout dans le domaine du radar ;
- la signature par la mesure de la phase du signal, utilisée aussi dans le domaine du radar

L'étude des signatures spectrales s'appuie sur celle des termes du bilan d'énergie à la surface. La plupart des observations faites dans le visible et le proche infrarouge utilisent le phénomène de la réflexion du rayonnement solaire par la surface, alors que dans le domaine thermique, et celui des hyperfréquences passives, c'est le phénomène de l'émission naturelle des surfaces qui domine. Toutefois, dans tous les domaines spectraux, il est possible de réaliser une détection active en illuminant artificiellement la scène avec un rayonnement émis par le capteur, ou une source voisine de celui-ci .

1-1-3-3 Les capteurs

Les capteurs permettent l'acquisition des données en télédétection. Ces instruments recueillent de l'énergie radiative provenant de la scène visée et délivrent un signal électrique correspondant et mesurable. Ils sont de deux types :

- les capteurs actifs qui éclairent artificiellement les objets au sol afin d'enregistrer l'énergie que ceux-ci renvoient vers la source. Il s'agit des radars, lidars, diffusomètres, pluromètres, etc.
- les capteurs passifs qui utilisent le rayonnement solaire comme source d'énergie. Il s'agit des radiomètres, des chambres de prise de vue, des balayeurs optiques, des balayeurs thermiques, etc .

1-1-3-4 Les plates-formes

On désigne par plate-forme ou vecteur tout véhicule spatial, aérien ou terrestre capable de porter un capteur dans les conditions d'opération souhaitées. En fonction de l'altitude d'opération, on classe les plates-formes en trois catégories :

- les plates-formes terrestres qui opèrent au voisinage du sol. Elles comprennent les véhicules terrestres munis d'un bras télescopique qui soulève le capteur à quelques mètres du sol. Ces plates-formes sont utilisées principalement à des fins d'expérimentation et d'étalonnage ;
- les plates-formes aériennes lorsque l'altitude d'opération varie entre quelques dizaines et quelques milliers de mètres. Il s'agit des ballons captifs ou libres, des hélicoptères ou des avions ;
- les plates-formes spatiales lorsque l'altitude d'opération est supérieure à 200 kilomètres.

Ce sont les satellites munis de capteurs et qui sont en orbite autour de la terre selon une ellipse donnée. Le mouvement de rotation est le résultat de l'attraction terrestre. Il existe deux types de satellites en fonction de la trajectoire orbitale :

- les satellites à orbite héliosynchrone (Hélios = soleil, Synchrone = même moment, même période). Ces satellites passent à un endroit à une heure fixe. L'intérêt de ces satellites est leur répétitivité. Par exemple, LANDSAT a une répétitivité de 16 jours et passe sur Ouagadougou à 9 heures 45 minutes. SPOT lui, passe à 10 heures 30 minutes.

- les satellites à orbite géostationnaire (Géo = terre ; Stationnaire = stationner, immobile). Ils sont situés dans l'axe de l'équateur mais, de plus en plus on en conçoit qu'on place au niveau des pôles. Ces satellites sont immobiles par rapport à la terre (ils se déplacent à la même vitesse que la terre). Ils ont une période rotation de 24 heures et donnent des images du même endroit. Leur intérêt est qu'ils permettent une surveillance des phénomènes journaliers et de ce fait sont beaucoup utilisés en météorologie. Parmi ces satellites, on note NOAA, METEOSAT, SEASAT, etc.

1-1-4 Les produits de la télédétection

Les produits obtenus de la télédétection sont les prises de vues aériennes et les images satellites. Dans le cadre de cette étude, nous n'utiliseront que des photographies aériennes, uniquement pour des raisons budgétaires. Cependant, il faut reconnaître que l'utilisation des images satellite et leurs traitements aurait été d'un atout précieux dans l'étude des états de surface.

1-1-5 Les prises de vues aériennes

Les photographies aériennes sont un modèle réduit, instantané et objectif du réel qu'elles représentent avec toutes ses composantes visibles et dans toute sa complexité (LEO et DIZIER, 1986). Elles présentent simultanément tout ce qui se trouve à la surface de la terre et, sont donc par nature encyclopédiques. Elles constituent donc pour le technicien qui sait les utiliser, une source plus complète d'informations sur le milieu physique et humain.

La photographie aérienne est une technique assez récente développée initialement par les militaires, puis par les géographes. Depuis plusieurs décennies, les cartes topographiques sont dressées en utilisant systématiquement la photographie aérienne. Cette technique s'est

vulgarisée et on lui a trouvé de très nombreuses applications civiles. Ainsi, la photographie aérienne est devenue un outil indispensable dans de nombreuses disciplines : hydrologie, géologie, agronomie, foresterie, urbanisme, etc.

1-1-6 La Photo-interprétation

L'interprétation d'une photographie aérienne consiste à en extraire le maximum d'informations sur un sujet pré-défini, ou de façon exploratoire pour des objectifs précis : dénombrement, mesure de surface, localisation et cartographie, analyse complexe, etc. Cette interprétation fait intervenir des caractéristiques des photographies aériennes qui sont le ton de grisé, la texture et la structure. On distingue deux étapes essentielles dans l'utilisation des photographies aériennes : la photo-identification et la photo-interprétation.

La photo-identification est la reconnaissance d'objets simples visibles sur les clichés (route, cours d'eau, arbre, bâtiment, etc).

La photo-interprétation proprement dite est une analyse déductive qui fait appel aux ressources du raisonnement, aux connaissances, à la spécialité de l'interprète, à sa logique et à son expérience (DECADE, 1984). Cette analyse déductive établit des relations complexes entre plusieurs objets souvent non visibles sur le cliché (exemple : sol peu profond, présence d'une nappe phréatique) (LEO et DIZIER, 1986). Elle mène à des lois de corrélation entre les objets et à une compréhension globale des structures du milieu, des interactions entre les facteurs naturels et humains. Cependant, il ne peut y avoir photo-interprétation sans travail de terrain.

1-1-7 La cartographie

La carte est une représentation plane et réduite de la surface terrestre ou des phénomènes ayant une expression dans l'espace, effectuée suivant certaines conventions : la transposition et le rapport de réduction (LEO et DIZIER, 1986). Elle est également une projection du relief sur l'ellipsoïde de référence (d'altitude zéro). On distingue généralement deux types de cartes :

- Les cartes topographiques, établies de façon très détaillée et, destinées initialement à l'usage militaire avaient pour but de figurer les éléments du terrain (les voies de communications avec leur nature et leur viabilité, le réseau hydrographique, bâtiment, la nature

du relief, les escarpements, nom des localités, etc). Ces cartes servent de référentiel pour les cartographies spécifiques.

- Les cartes thématiques et les cartes de synthèse, établies pour un thème donné comme par exemple l'occupation des terres, la géomorphologie ou un objectif très précis comme un plan directeur d'aménagement d'une région. Elles constituent un outil de visualisation et de communication de l'information géographique, statistique, etc).

- *Occupation des terres*

Au Burkina Faso, on ne parle plus depuis 1996 « d'occupation du sol » mais, plutôt « d'occupation des terres » car, selon le PNGIM (1996), le concept « d'occupation du sol » fait non seulement référence à la surface du sol, mais aussi au sous-sol. Or, les préoccupations actuelles s'orientent à rassembler et à analyser les informations à référence spatiale, donc des informations à la surface du sol. Ainsi, la terminologie « occupation du sol » a été remplacée par « *occupation des terres* » afin de mieux concorder les préoccupations des utilisateurs.

Sous le terme occupation des terres se classent toutes les cartes représentant la nature et l'extension de la végétation (naturelle ou non) et des différentes infrastructures : cartes de la végétation, cartes écologiques, cartes d'occupation ou d'utilisation des terres, cartes d'inventaires forestiers, cartes de pâturage, cartes de l'habitat, etc. L'information ici est presque toujours un constat, un bilan d'une situation à un moment donné. Les cartes d'occupations des terres sont donc essentiellement statiques et deviennent plus ou moins rapidement périmées ; d'où alors, la nécessité des mises à jours. L'intérêt de ces cartes selon LEO et DIZIER (1986) est de répondre à la question « où est quoi ? » et de donner une vision précise de la situation actuelle. Par exemple, quelle est l'extension des cultures, des espaces incultes ? etc.

- *Géomorphologie*

La géomorphologie a pour objet, la description des modelés, des formes de relief, ou plus largement des aspects de surface présents sur l'ensemble du globe. Elle est très proche de l'analyse du paysage et conduit à la cartographie d'unités géomorphologiques particulièrement utiles pour la connaissance préalable d'une région et le choix d'aménagements.

1-2 GENERALITES SUR LES SIG

1-2-1 Définition

Un système d'informations géographiques est un ensemble puissant d'outils permettant de saisir, de stocker, d'extraire, de transformer et d'afficher les données spatiales tirées de la réalité, pour un ensemble d'usages déterminés (BUROUGH, 1985) cité par KHOUMA *et al.* (1996). Pour CALOZ (1990), « un système d'informations géographiques réunit les techniques et méthodes d'acquisition d'informations spatialement référencées, de leur codage sous forme vectorielle ou matricielle, leur organisation en banque de données ainsi que les divers traitements et procédures destinés à les adapter à leur utilisation. Un système d'informations géographiques a pour but de fournir aux planificateurs et gestionnaires du milieu les informations nécessaires à la prise de décision ». Cette définition selon BONN et ROCHON (1993) semble rassembler un large consensus. Les SIG ou encore systèmes d'informations à références spatiales seraient pour nous un outil et une méthode de collecte, d'intégration, de gestion, de manipulation et d'analyse de données graphiques et de données quantitatives et qualitatives, favorisé par un environnement informatique approprié (ordinateur performant, imprimante couleur, table à digitaliser, scanner, GPS, onduteur) qui gère toutes les relations et, la présentation des informations géoréférencées et leurs attributs.

Les SIG utilisent des données satellite, des données terrain (coordonnées GPS), des résultats d'enquêtes, des cartes pré-existantes pour dresser des cartes diverses (isohyètes, végétation, pédologie, géologie, géomorphologie, occupation des terres, risques de dégradation, etc). Les SIG se basent sur le principe de l'analyse spatiale effectuée grâce à des opérations mathématiques exploitant les données géographiques. La base de données exploitée par les SIG se compose de points, de lignes et de polygones placés dans un système géoréférencé.

Les SIG utilisent de nombreux logiciels dont IDRISI, MAPINFO, ILWIS, ATLASGIS, ARCVIEW, PC ARCINFO, WORKSTATION, etc.

1-2-2 Domaines d'utilisation des SIG

Les SIG se situent au confluent de plusieurs disciplines, telles la cartographie, la géographie, la topographie, la photogrammétrie, la télédétection, les statistiques, l'informatique et d'autres disciplines faisant appel à des données à références spatiales. Leurs

domaines d'utilisations sont divers : gestion des ressources naturelles, urbanisme, armée, agriculture, élevage, administration, pompiers, transport, santé, océanographie, etc

Ils permettent de répondre à cinq types de questions :

- la localisation des phénomènes dans un espace donné ;
- l'identification des phénomènes physiques sur la base de conditions et de critères de sélection ;
- l'identification de tendances et évolution des phénomènes physiques dans le temps et dans l'espace ;
- la description de modèles et schémas d'organisation, d'occupation ou d'utilisation de l'espace par des phénomènes ou des pratiques ;
- la modélisation du comportement ou de l'évolution d'un phénomène physique ; cette dernière est une conséquence des quatre premiers points.

1-2-3 Intégration SIG /Télédétection

« Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'information rattachés à une localisation géographique. De là à intégrer les informations recueillies par la télédétection à des systèmes d'informations à références spatiales il n'y a qu'un pas, car ces informations peuvent alors être utilisées dans un processus de gestion des ressources, en combinaison avec des données d'autres sources, socio-économiques ou écologiques par exemple » (BONN et ROCHON, 1993). Cependant, le transfert des données de l'un à l'autre n'est pas simple et s'effectue par des systèmes de transformations complexes.

En matière de création et de collecte des données, la télédétection fournit au SIG les données à traiter. Elle se trouve en amont des SIG et crée des données géographiques. Les SIG eux, complètent les données de la télédétection ; l'information géographique permet de géoréférencier l'image traitée, d'intégrer le résultat du traitement numérique de l'image avec les résultats du traitement de l'information géographique.

Cette intégration permet aussi de faire la mise à jour des cartes pré-existantes par l'exploitation des données récentes à partir des images satellite. Cette mise à jour est aussi possible par l'utilisation du GPS qui utilise les potentialités de positionnement des satellites pour identifier des points à la surface du globe. Ces positions seront générées en points, arcs

ou polygones dans un système d'informations afin de lever les objets ou éléments nouveaux créés.

1-3 CONCLUSION

La télédétection et les SIG apparaissent comme des sources d'informations sur le milieu naturel et offrent des potentialités énormes en matière d'analyse et de gestion des ressources naturelles. Les SIG en effet permettent l'acquisition des bases de données qui sont de véritables outils d'aide à la décision. Ces bases de données peuvent être régulièrement actualisées pour des études bien précises.

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D' ETUDE

2-1 MILIEU PHYSIQUE

2-1-1 Situation géographique

Situé entre les parallèles 12°40' N et 14° N, le Centre-Nord du Burkina Faso couvre les provinces du Bam, du Sanmatenga et du Namentenga. Seules celles du Bam et du Sanmatenga sont concernées par notre étude avec respectivement pour chef lieu Kongoussi et Kaya. Kongoussi est situé à 110 km de Ouagadougou sur l'axe Ouagadougou-Djibo, et Kaya, à 100 km de Ouagadougou sur l'axe Ouagadougou-Dori. Les villages d'étude sont Loaga et Niénéga dans le Bam et, Dablo, Namissiguima, Soubeira dans le Sanmatenga. Loaga se situe à 12 km au Sud-ouest de Kongoussi et, Niénéga à 8 km un peu plus au Nord-ouest. Les villages de Dablo, Namissiguima et Soubeira sont localisés respectivement à 78 et 80 km au Nord-ouest de Kaya et 45 km au Sud-est de Kaya. Les coordonnées UTM des différents sites d'étude figurent en annexe 12.

2-1-2 Climat

Le climat dans son ensemble est de type sahelo-soudanien caractérisé par deux saisons bien marquées :

- une longue saison sèche s'étendant de Novembre à Mai avec prédominance d'un flux d'air chaud et sec provenant des hautes pressions sahariennes ;
- une courte saison pluvieuse qui s'étale de Juin à Octobre avec prédominance d'un flux d'air humide provenant des hautes pressions océaniques de l'hémisphère sud .

FONTES et GUINKO (1995), tenant compte de la pluviométrie annuelle (Pa) et du nombre de mois sec (Nms) recevant moins de 50 mm d'eau, distinguent trois types de climats dans notre zone d'étude :

- le type sahélien sud, Pa = 400 à 600 mm et Nms = 7 à 9, dans lequel se trouvent les sites de Dablo et Namissiguima ;
- le type de transition sahelo-soudanien, Pa = 600 à 700 mm et Nms = 7 à 8, dans lequel on classe les sites de Loaga et Niénéga ;
- le type soudanien nord, Pa = 700 à 800 et Nms = 6 à 7, où se situe Soubeira.

Fig.1

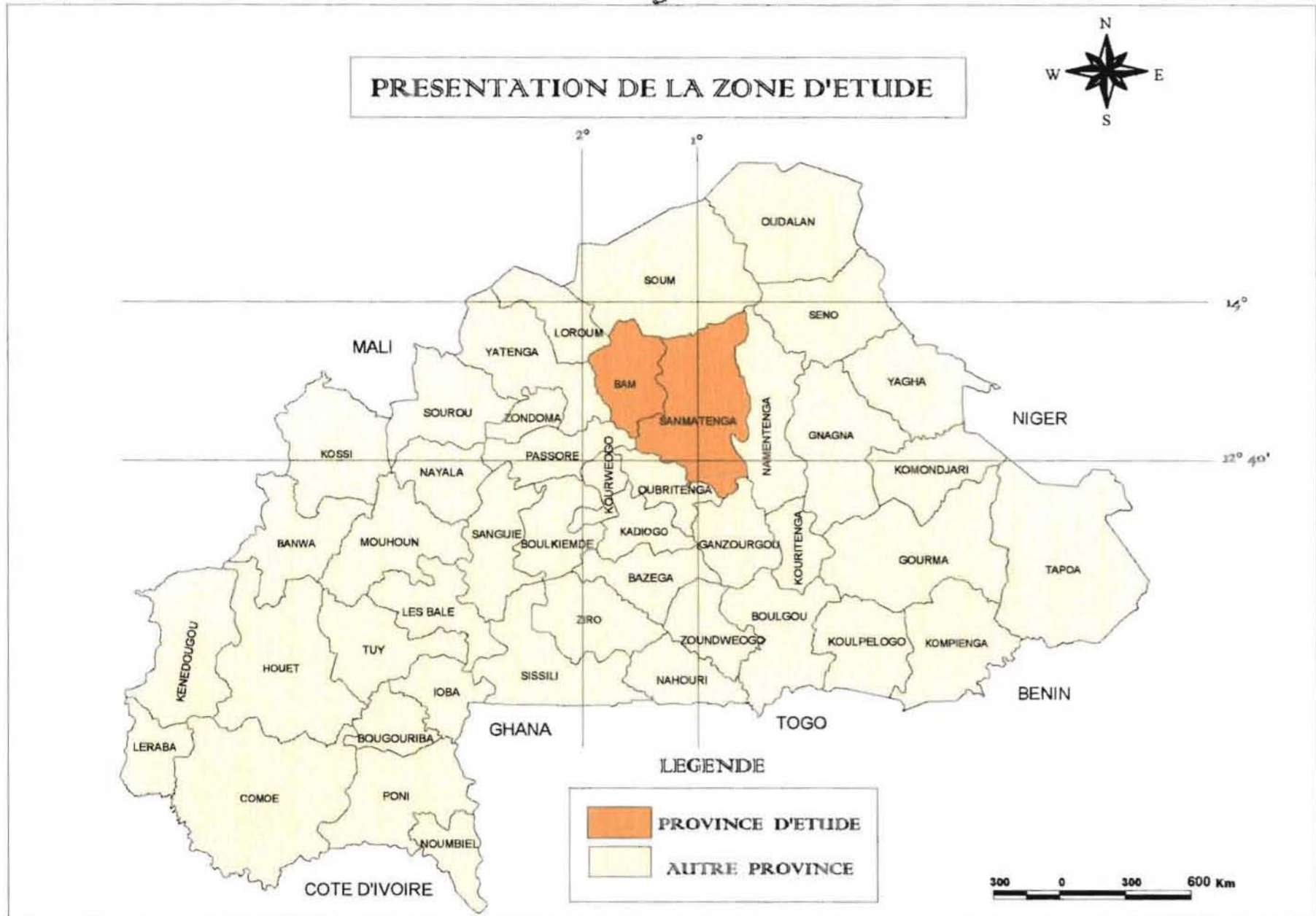
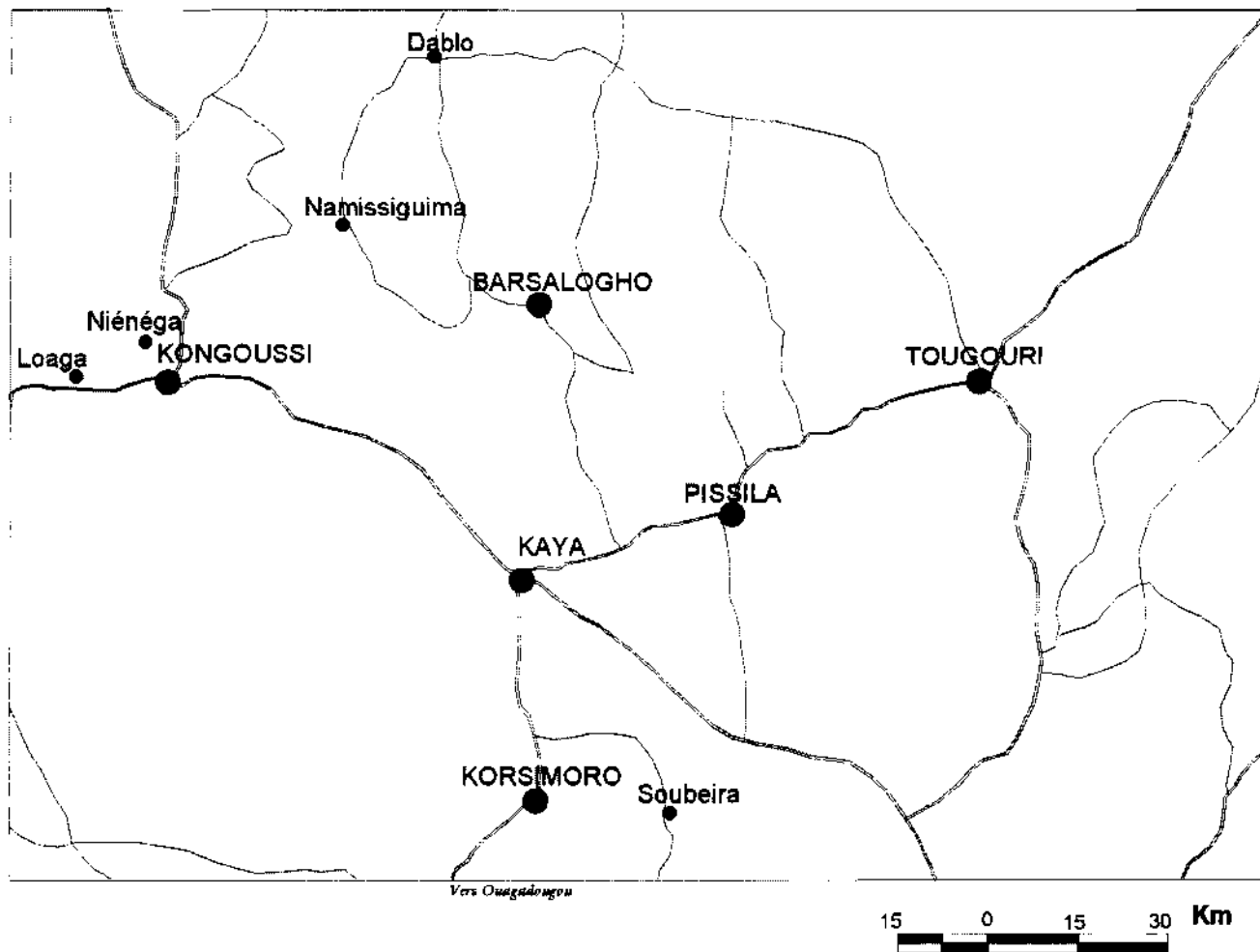


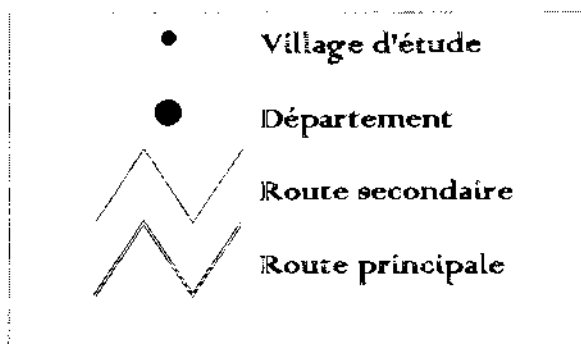
Fig.2



SITUATION GEOGRAPHIQUE DES VILLAGES D'ETUDE

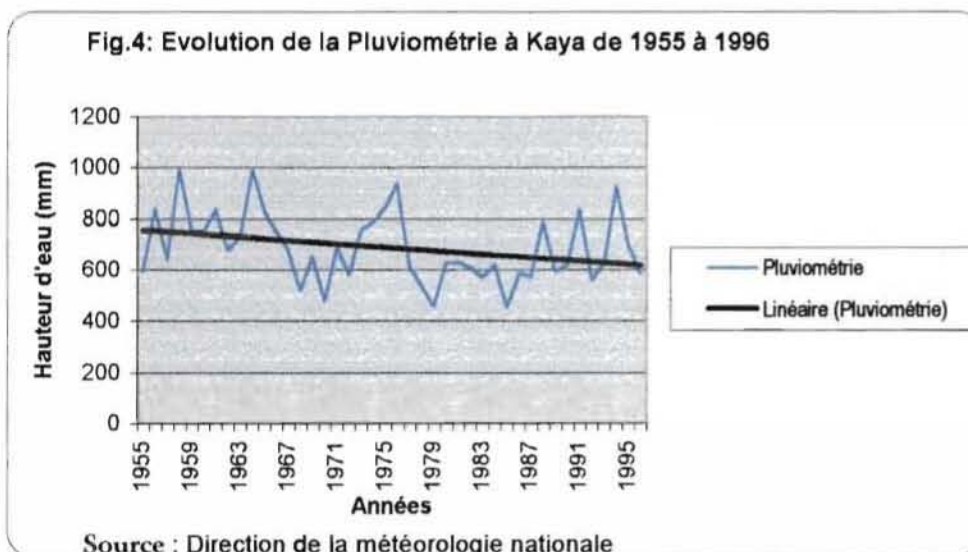
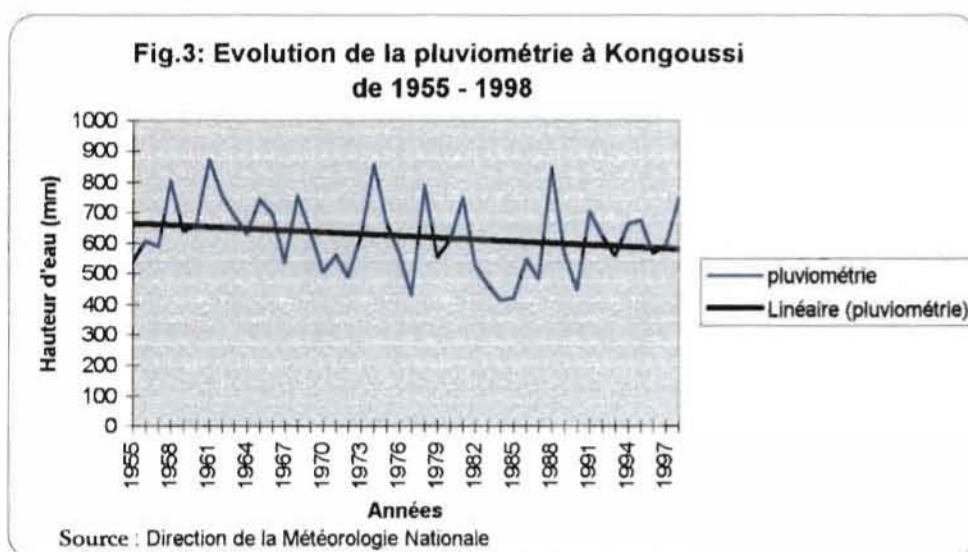


LEGENDE



2-1-2-1 Pluviométrie

Annuellement, la région reçoit entre 400 et 900 mm d'eau (figures 3 et 4). Les pluies dans cette zone sont caractérisées en début de saison par leur force et leur brièveté, causant le ruissellement qui en découle, et d'importants dégâts aussi bien sur les jeunes cultures que sur le sol mal protégé par la végétation BUNASOLS (1990).



La pluviométrie est très variable d'une année à une autre et, la tendance générale est à la baisse .

2-1-2-2 Température

La variation saisonnière des températures est caractérisée par quatre périodes dont deux de forte chaleur et deux où il fait relativement frais.

La première période chaude se situe entre Mars et Avril avec des températures maximale moyenne de 41°C et minimale moyenne de 26°C. La seconde période chaude intervient immédiatement après la saison pluvieuse. Elle est moins chaude que la première avec des températures maximale moyenne de 38°C et minimale variant entre 21 et 22°C .

La première période fraîche intervient de Novembre à Février avec des températures maximales moyenne variant entre 33 et 35°C en Janvier et minimale moyenne oscillant entre 14 et 17°C ; c'est la période pendant laquelle souffle l'harmattan, vent sec et froid la nuit et chaud le jour .

La seconde période froide correspond à la saison pluvieuse pendant laquelle l'humidité de l'air atteint ses plus fortes valeurs. Selon le BUNASOLS (1990), ces températures ne posent pas de contraintes aux cultures pendant la saison des pluies ; les faibles températures en Novembre-Mars sont très favorables à la culture maraîchère.

2-1-2-3 Humidité relative

Selon GUINKO (1984), elle augmente du nord au sud avec un maximum au mois d'Août qui correspond au mois le plus pluvieux. En saison sèche, au mois de février, elle descend à moins de 20% et dépasse 60 à 80% en saison pluvieuse. Elle varie en sens inverse de l'ETP (BUNASOLS, 1990).

2-1-2-4 Période végétative

La période végétative est très courte. Elle varie de 90 à 110 jours et pose une contrainte majeure à l'agriculture au Centre-nord. Elle limite énormément les options ouvertes aux paysans dans le choix des cultures, les variétés ainsi que les techniques culturales appliquées comme la préparation du sol avant les semis.

Excepté les périodes mi-Juillet à mi-Septembre, l'ETP est supérieure à l'offre climatique : elle est de 2165 mm /an (station de Kaya), (BUNASOLS, 1990) .

2-1-2-5 Vents

Deux types de vents dominant dans le Centre-nord .

- L'harmattan, vent desséchant, chaud pendant le jour et frais la nuit, souffle des hautes pressions sahariennes vers les côtes océaniques, et traverse la région du nord-est vers le sud. Les vents d'harmattan sont parfois violents et responsables du transport des particules fines du sol .
- La mousson, vent chargé d'humidité, souffle des côtes océaniques (Golf de Guinée) vers l'intérieur du continent dans la direction sud-ouest, nord-est. Ces vents débutent en Mai et s'arrêtent en Octobre. Il sont violents lors des tornades et rasant le sol.

2-1-3 Géologie et géomorphologie

Selon HOTTIN et OUEDRAOGO (1972), la couverture géologique de la région du Centre-nord est composée de deux principales formations géologiques : le birrimien et l'antébirrimien. A ces deux formations correspondent deux principaux types de faciès de paysage :

- le faciès des formations birrimiennes qui caractérisent les sous régions à formation de roches volcano-sédimentaires (tufs, laves, sédiments associés, métavolcanite neutre à basique). Ces ensembles s'étendent rarement sur plus de quinze kilomètres.
- Le faciès à formations granitiques, soit antébirrimiennes (zone de Barsalogo, Dablo, Pissila), soit syn et tarditectonique du birrimien (Boulsa et Pissila) correspondent à des paysages plus ou moins ondulés pouvant s'étendre sur plus de vingt kilomètres.

La carte géologique du Burkina Faso montre que les sites de Loaga et Niénéga se situent uniquement sur des roches volcano-sédimentaires. Ces sites appartiennent au premier faciès. De même, Soubeira appartient à ce même faciès avec prédominance de métasédiments argileux ou argiligréseux. Les zones de Namissiguima et Dablo appartiennent au deuxième faciès, où dominant les migmatites et granites indifférenciés pour la première, et les amphibolo pyroxénites, et métagabbros noritiques pour la seconde.

La partie Nord de la région est caractérisée par une vaste pénéplaine comportant par endroit, des roches granitiques affleurantes et des collines et inselbergs érodés, laissant paraître des cuirasses ferrugineuses et des glacis qui sont des surfaces légèrement pentées de 1 à 3% dans l'ensemble. Au Sud, dans la région de Kongoussi et Kaya, on note la présence de collines birrimiennes dont le matériau est essentiellement composé de schistes, roches vertes, granites

et des formations superficielles. Les bas-fonds occupent les zones de dépression et constituent les axes de drainage. Le raccordement entre bas-fond et glacis est une sorte de chanfrein assez souvent fortement dégradée.

2-1-4 Sols

Dans le Centre-nord, les sols se répartissent en plusieurs groupes et suivent généralement les limites des affleurements des couches géologiques. Selon BOULET (1968), à l'échelle 1/500000, on distingue :

- Les sols minéraux bruts d'érosion (sous groupe des lithosols), sur cuirasse ferrugineuse ou sur roches diverses. Ces sols sont caractérisés par leur épaisseur faible, parfois nulle, l'aspect caillouteux et leur dureté. Ils sont constamment rajeunis par l'érosion et englobent les cuirasses dénudées et les roches non altérées. On les rencontre le plus au Sud et à l'Est de Kongoussi et dans la région de Kaya.

- Les sols peu évolués d'érosion (sous groupe des régosols), sur matériau gravillonnaire issu du démantèlement des cuirasses ferrugineuses. Ils sont peu profonds et ont une faible capacité de rétention en eau. Ces sols, majoritaires dans le Centre-nord se rencontrent sur les pentes et sont associés soit aux lithosols sur cuirasse ferrugineuse, soit aux sols ferrugineux lessivés ou appauvris sur matériau argilo-sableux.

- Les sols ferrugineux tropicaux, lessivés (sous groupe indurés, à taches et /ou concrétions). On les trouve sur les sables éoliens, parfois associés à des sols gravillonnaires, à des sols bruns eutrophes issus de roches basiques ou de granites ou, à des sols hydromorphes sur matériau argileux issus de schistes argileux. On les rencontre aussi sur du sable fin argileux. Contrairement aux lithosols, ces derniers sont pauvres mais, profonds. Ils occupent une superficie très importante dans le Centre-nord, et sont caractérisés par l'individualisation des sesquioxydes de fer et /ou de manganèse qui leur confèrent une couleur rouge, ocre, rouille. Ils ont une structure massive en surface et des teneurs faibles en matière organique. Leur valeur agronomique est moyenne.

- Les sols bruns eutrophes tropicaux : ils appartiennent à la classe des sols brunifiés. On les rencontre sur du matériau argileux, parfois graveleux issu des roches basiques ou sur matériau argileux issu de granites. Dans le premier cas, ils sont souvent associés aux sols ferrugineux peu lessivés ou à des sols gravillonnaires et, dans le deuxième cas, à des sols gravillonnaires

et / ou solonetz. Ce sont les meilleurs sols de la région et même du pays. Ils se rencontrent dans les zones de dépression, dans les plaines et sur les plateaux. Ils sont caractérisés par un humus à forte activité biologique, d'où leur forte utilisation en agriculture. Ces sols sont fréquents dans la partie Est du Centre-nord, dans la région de Kongoussi, Dablo, et Soubeira.

- Les sols hydromorphes caractérisés par l'hydromorphie, due à la présence permanente ou temporaire de l'eau dans le sol, et par l'alternance des phénomènes d'oxydation et de réduction. Lorsque l'hydromorphie est permanente, ils sont dits à gley et, à pseudogley lorsqu'elle est temporaire. Ils occupent les plaines alluviales, les axes de drainage et les bas-fonds. On les trouve sur du matériau sableux colluvio-alluvial ou sur matériau argilo-sableux à argileux, issus des schistes argileux.

- Les vertisols et paravertisols non grumosoliques, très faiblement rencontrés, sont localisés au Nord-est de Yalgo et au Nord de Kaya. Ils s'étendent sur du matériau argileux issu de granite à amphiboles.

2-1-5 Végétation

La végétation dans l'ensemble se caractérise par des formations de steppes et de savanes arbustives à arborées (FONTES et GUINKO, 1995). Ces formations sont jalonnées de forêts marécageuses (galeries), correspondant aux cours d'eau et zones humides.

Au Sud, les savanes arborées et les forêts marécageuses sont assez fréquentes et s'associent à une formation herbacée suffisamment dense en touffes graminéennes dominantes.

Le Nord est la zone des steppes arbustives à arborées, et des savanes arbustives. Elle est dominée par les Combrétacées et de nombreuses espèces épineuses, dénotant la tendance sahélienne. La strate herbacée, essentiellement graminéenne forme un tapis le plus souvent très discontinu, laissant d'importantes plages nus recouvertes de pellicules de battance ou de diverses croûtes imperméables.

Les espèces ligneuses les plus caractéristiques de la zone sont : *Acacia laeta*, *Acacia nilotica* var. *adansonii*, *Acacia senegal*, *Aristida hordeacea*, *Bauhinia rufescens*, *Capparis tomentosa*, *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans* var. *elliotii*. La strate herbacée reste dominée par *Schoenefeldia gracilis*, *Loudetia togoensis*, *Zornia glochidiata*, *Eragrostis elegantissima*, *Schizachirium exile*, *pennisetun pedicellatum* .

2-2 MILIEU HUMAIN

2-2-1 Population

Le Centre-nord au recensement de 1996, comptait 933727 habitants contre 729189 en 1985 et 695923 en 1975 (INSD, 1985 ; 1996 b). La densité moyenne de la population est de 37 habitants au Km². Le taux d'accroissement annuelle est estimé à 1,72% contre 2,7% pour la moyenne nationale. Seulement 4% de cette population est alphabétisée et 14,3% scolarisée. La population est en majorité rurale et vit d'agriculture. D'importants mouvements migratoires sont observés vers le Sud du pays et la Côte d'Ivoire (environ 100000 personnes de 20 à 45 ans entre 1975 et 1985). Ils constituent un important facteur économique pour la région dans la mesure où ils rapportent près de 2,4 milliards de francs CFA / an aux familles des immigrés BUNASOLS (1990). Si l'on considère la projection de la population dans cette zone, dans le futur, au taux d'accroissement actuel (1,72% si la migration se poursuit de la façon actuelle), la pression démographique atteindra 48 habitants /km² en l'an 2000, soit un accroissement de presque 20% de bouches à nourrir en l'espace de dix ans. Une telle pression couplée à celle du bétail implique la nécessité d'élever le niveau d'intensification de l'agriculture. Le tableau n°2 présente les effectifs démographiques pour chaque site d'étude et chacune des deux provinces.

Tableau n°2 : Effectif démographique des villages et provinces d'étude.

Province d'étude	Village d'étude	Population en 1985	Population en 1995	Accroissement
BAM	Loaga	1125	1477	352
	Niénéga	682	742	60
Total province		162575	212291	49716
SANMATENGA	Namissiguima	2756	7091	4335
	Dablo	11481	15391	3910
	Soubeira	827	2400	1573
Total province		367724	469684	101960

2-2-2 Activités socio-économiques

L'économie de la région est dominée par l'agriculture et l'élevage. 90 à 93% des ménages ont l'agriculture ou l'élevage comme activité principale (INSD 1996 a). Cette agriculture, encore extensive, utilisant très peu d'intrants et dominée par les travaux champêtres manuels, est caractérisée par sa subsistance. Elle est essentiellement pluviale et concerne les céréales (sorgho ,mil, maïs riz) et les légumineuses (niébé, arachide, vouandzou). L'élevage largement traditionnel et extensif, est principalement pratiqué par les Peulh. Il constitue la source d'exportation traditionnelle de la zone mais, les quantités exportées restent inconnues. Il existe très peu d'activités rémunératrices dans la zone. De ce fait ,la population pour les activités secondaires a encore recours aux activités agricoles comme le petit élevage et la maraîchéculture (BUNASOLS, 1990). Le petit élevage pratiqué par les ménages constitue une réserve dont les produits sont vendus seulement en cas de besoins monétaires. Le maraîchage est une nouvelle activité non moins importante pour les populations. Il est pratiqué le plus souvent en saison sèche sur de grands périmètres aménagés et l'irrigation se fait par pompage et ailleurs, par l'arrosage à partir des puits traditionnels. Il concerne 3% de la population dans le Centre-nord, et 11% dans la seule province du Bam. Les revenus monétaires procurés par cette activité sont importants, surtout chez les producteurs organisés autour du lac Bam (200000 à 300000 F CFA /ha /an) (BUNASOLS, 1990). On y cultive du haricot vert qui était destiné à l'exportation, et divers autres légumes (pomme de terre, chou, tomate, oignon, patate, etc).

Enfin, on note quelques activités d'artisanat et de commerce qui connaissent un essor important ces dernières années.

CHAPITRE 3 : PROBLEMATIQUE DE LA DEGRADATION DES SOLS

3-1 DEGRADATION DES SOLS : DEFINITION ET FORMES

3-1-1 Définitions

Les définitions du *sol* sont nombreuses et varient d'un domaine à l'autre. Ainsi, selon DEMOLON (1960), « le sol est une formation naturelle de surface à structure meuble, d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous jacente, sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques ». Cette définition tient compte du point de vue du géologue et renseigne sur le processus de formation des sols, mais aussi sur leurs constituants minéraux dans la mesure, où il existe une relation entre le sol et la roche mère de laquelle il est issu .

Pour BRACKMANN et BRADY, cités par SERVANT (1976), « le sol est un produit naturel, synthétisé en forme de profil, formé d'un mélange variable de minéraux plus ou moins fragmentés et altérés et de matière organique en décomposition qui couvre la terre en couche mince et qui fournit, lorsqu'il contient des quantités requises d'air et d'eau, le support mécanique et en partie la subsistance aux plantes ». Cette définition du sol qui est agronomique renseigne sur les composantes du sol mais surtout sur sa fonction de support et de nutrition des plantes. Pour SOLTNER (1992), le sol est une formation naturelle qui dépasse la couche travaillée par l'homme ; le sol agricole, celui qui est cultivé par l'homme n'est qu' un cas particulier.

La *dégradation*, MULDER et WIERSUM (1995) la définissent comme étant un processus multidimensionnel induit à la fois par des phénomènes naturels et humains, qui réduit l'actuelle et / ou la future capacité de la terre à fournir des produits utiles, provenant de systèmes spécifiques d'utilisation des terres. Comme le souligne BOUSQUET (1997), cette définition traduit la dégradation en terme de baisse des capacités de production, et non d'altération des caractéristiques de la terre. Pour elle, la dégradation est un processus complexe, résultat de l'enchaînement dans le temps et l'espace de divers processus de détérioration, cette dernière pouvant être physique, chimique ou biologique. La dégradation des sols peut revêtir des formes plus lentes, moins visibles, plus insidieuses et dont de ce fait, l'homme n'a pris conscience que très tardivement, quoique les conséquences soient pour lui des plus importantes (TRICART,1962).

Le sol sera dit dégradé lorsqu'une transformation de ses caractéristiques ne lui permet plus d'assurer ses fonctions. Le sol constitue une source de vie pour l'homme qui en tire l'essentiel de ses besoins à travers sa mise en culture. De ce fait, le sol en agriculture mérite d'être entretenu pour atteindre et / ou maintenir un niveau de production soutenu car selon RUELLAN et DOSSO (1993), le sol demeure une ressource renouvelable dont le renouvellement dépend des conditions de son utilisation. Le constat malheureusement est tout autre. Dans de nombreuses régions du monde, et principalement dans les pays du tiers monde, le sol est souvent exploité avec des systèmes de culture parfois inadaptées, accélérant ainsi son processus de dégradation. Ces systèmes de culture jouent un rôle prépondérant dans l'évolution du sol (ROOSE, 1981).

On parlera parfois dans la suite de ce document de dégradation des terres. La terre ici représente un ensemble plus vaste, regroupant aussi bien le sol que le couvert végétal qui s'y développe.

3-1-2 Formes de dégradation

La dégradation des sols peut être physique, chimique ou biologique.

3-1-2-1 Dégradation physique

Elle se manifeste par la compaction, l'encroûtement superficiel et la squelétisation par l'érosion. Le décapage des horizons supérieurs fertiles par l'érosion hydrique ou éolienne reste la principale forme de la dégradation physique. Cette forme de dégradation affecte sensiblement l'état structural, et la capacité de rétention de l'eau du sol qui selon DEMOLON (1960) constituent les facteurs physiques essentiels de la fertilité.

La compaction et l'encroûtement résultent de la disparition du couvert végétal, exposant le sol à l'énergie cinétique des gouttes de pluie.

La battance due au choc des gouttes de pluie favorise généralement l'érosion hydrique. L'énergie de ces gouttes de pluie détruit les agrégats à la surface du sol, dispersant ainsi les particules mobilisées. Ces dernières en se déposant peuvent colmater les pores du sol et réduire ainsi sa capacité d'absorption d'eau.

L'érosion, qu'elle soit éolienne ou hydrique, transporte loin les fines particules et laisse sur place les éléments grossiers. L'érosion hydrique elle, se manifeste sous diverses formes : en

nappe, en rigole, en ravine. Ces trois formes peuvent être perçues comme les différents stades d'un même processus (STEINER, 1996).

L'érosion en nappe constitue le stade initial de l'érosion hydrique. Ici, le sol est dégradé sur l'ensemble de sa surface dans la mesure où, l'énergie des gouttes de pluie s'applique sur toute cette même surface. Les particules fines sont alors détachées par l'eau de ruissellement, provoquant l'ablation de l'horizon superficiel et l'affleurement des cailloux en surface.

L'érosion en rigole et en ravine sont remarquables par le décapage du sol suivant les lignes d'écoulement. Les rigoles sont les canaux ayant environ dix centimètres de profondeur, encore maîtrisables par les techniques culturales et, les ravines, ceux atteignent plusieurs dizaines de mètres de large. Ces ravines par contre, ne sont pas récupérables par les techniques culturales.

3-1-2-2 Dégradation chimique

Elle correspond à une altération des propriétés chimiques du sol, conséquences des systèmes de production inadéquats. Par exemple, système de culture sans apport de fertilisants, raccourcissement de la période de jachère, voire son absence. Il y a diminution des réserves de nutriments, lixiviation ou perte de matière organique par accélération de la minéralisation. La baisse du niveau des éléments chimiques s'accompagne d'une acidification et de toxicités diverses (BOYER, 1983). Si les rendements des cultures et la richesse chimique du sol sont associés le plus souvent (PIERI, 1989), il va s'en dire que la dégradation chimique aura une répercussion sur la production.

3-1-2-3 Dégradation biologique

Elle résulte d'une baisse de l'activité biologique du sol, laquelle activité est entretenue par la présence de divers êtres vivants (faune, micro-organismes, racines des plantes). Ces êtres vivants améliorent la structure du sol, enrichissent la biomasse et parfois permettent la fixation d'azote atmosphérique par les plantes. De ce fait, l'activité biologique reste une composante essentielle de la fertilité du sol et, elle y intervient en agissant d'une part sur le stock d'éléments minéraux assimilables, obtenus par minéralisation de la matière organique et d'autre part sur la structure du sol.

3-2 LA DEGRADATION DES SOL, UN PHENOMENE MONDIAL

Selon le programme des nations unies pour l'environnement, 11% des sols couverts par la végétation dans le monde (1,2 milliards d'hectares, soit l'équivalent de la Chine et de l'Inde réunies) ont subi des dégradations modérées ou extrêmes à cause des activités agricoles, de la déforestation et du surpâturage. Les pays en voie de développement sont les plus touchés:

- Afrique, 320 millions d'hectares (14,4% des sols africains couverts par la végétation);
- Asie, 425,5 millions d'hectares (12,0%);
- Amérique centrale, 60,9 millions d'hectares (24,1%);
- Amérique latine, 138,5 millions d'hectares (8%), (FAO,1996).

STEINER (1996) rapporte que 25% des surfaces agricoles exploitées dans le monde sont fortement dégradées, et 5 à 7 millions d'hectares de surfaces arables deviennent chaque année improductives alors que les besoins alimentaires mondiaux augmentent. C'est donc dire que les formes de dégradation induites par l'homme sont très importantes et, selon OLDMAN et *al.* (1990), en Afrique, elles touchent 320 millions d'hectares dont 124 millions seraient déjà en situation de dégradation avancée.

Partout dans le monde donc, la végétation recule, exposant le sol à l'érosions, tandis que le piétinement par le bétail compacte le sol et réduit sa capacité à retenir l'eau. La déforestation à grande échelle ainsi que certaines pratiques agricoles sont remises en cause. Le tableau n°3 donne une idée de la part attribuable à chaque facteur de la dégradation induite par l'homme pour chaque continent.

Tableau n°3 : Les facteurs de dégradation dans le monde.

Facteurs Continents	Activités agricoles	surpâturage	Déforestation	Surexploitation
Afrique	24%	49%	14%	13%
Amérique centrale	45%	15%	22%	18%
Amérique du Sud	26%	28%	41%	5%
Asie	27%	26%	41%	6%
Océanie	8%	80%	12%	0%

Source : FAO, 1996

En Afrique subsaharienne, la situation est encore inquiétante dans les zones arides et semi-arides où le sol, capital le plus précieux pour l'homme est peu structuré, fragile, en proie à toute sorte de dégradation (CISSE et TOURE, 1991). La FAO (1990) rapporte que 50000 à 70000 Km² des terres cessent d'être productives chaque année en Afrique subsaharienne.

Les sols y sont dans un état d'altération avancé et sont pauvres en éléments nutritifs, en matière organique et ont une faible capacité de rétention en eau (PIERI, 1989).

3-3 DEGRADATION DES TERRES AU BURKINA FASO

Sur les 274200 Km² que couvre le Burkina Faso, on estime à 89000 Km² la superficie des terres arables. Avec les forêts et les pâturages, cette superficie atteint 229000 Km², soit 84% du total (CNLD, 1989). Si les surfaces mises en culture sont de l'ordre de 3 millions d'hectares, il y a cependant une diversité aussi bien dans la fertilité du sol que dans la répartition de la population sur ces terres. Certaines zones sont à des seuils critiques d'exploitation avec des coefficients d'intensité culturale (CIC) de plus de 50% (plateau central et Centre-est) (Annexe 1). Ainsi, les formations naturelles sont en forte régression, même dans les régions sous exploitées (KESSLER et GEERLING, 1994). La disparition du couvert végétal, facilite l'apparition d'une croûte de surface qui empêche l'humidification du sol et diminue par la même occasion la repousse de la végétation ligneuse ou herbacée.

La dégradation constante à laquelle est soumise l'environnement burkinabé depuis plusieurs années est selon le CNLD (1989) née des phénomènes de sécheresse qu'a connu le pays dans les années 1970 et d'une mauvaise gestion des ressources naturelles, en particulier les ressources en terre, en eau et la végétation naturelle. Dans les parties Centre et Nord du pays, l'une des conséquences de la surexploitation des terres est la dégradation des potentialités agricoles des sols et comme résultat, des rendements agricoles dérisoires, des taux d'autosuffisance alimentaires médiocres et un flux migratoire important vers les zones fertiles. Dans les zones Sud et Ouest par contre, l'occupation anarchique de l'espace est la cause principale de la dégradation des principales ressources. Dans tous les cas, les activités agricoles, les dégâts liés au cheptel, la dégradation du couvert végétal sont à l'origine de la destruction de l'environnement. Une étude menée par KAMBOU et *al.* (1994) estime que 24% de la superficie du Burkina Faso sont dégradés. La carte établie à cet effet montre que le Centre-sud, le plateau central et le Nord sont les zones les plus dégradées. Dans les zones Sud-ouest et Sud-est, la dégradation est qualifiée de nulle. Pour le reste du territoire, elle reste faible à modérée.

3-4 DEGRADATION DES TERRES DANS LE CENTRE-NORD DU BURKINA FASO

3-4-1 Superficies cultivables

Sur une superficie totale de 1950000 ha que couvre le Centre-nord, le BUNASOLS (1990) estime à 750000 ha la superficie des terres cultivables et à 274680 ha, celle cultivée. Le pourcentage de la superficie cultivable par rapport à la superficie totale (CSC) est de 31% dans le Bam, tandis qu'il est légèrement supérieur dans le Sanmatenga avec 42%. La situation est reconnue comme étant la plus défavorable à Dablo, Namissiguima et bien d'autres départements dans le Nord où, moins d'un cinquième de la superficie totale est cultivable. A Soubeira, Pissila et d'autres départements au Sud du Sanmatenga, presque 50% ou plus de la superficie totale est cultivable. Le coefficient d'intensité cultural, c'est à dire le rapport entre les superficies cultivées et celles cultivables est d'environ 40% pour toutes les provinces avec, un taux d'occupation légèrement au dessus de la moyenne dans le Bam où, 70% des terres cultivables sont cultivées (BUNASOLS, 1990).

De toute cette situation, il en découle que la superficie cultivable disponible /habitant est défavorable dans la région. Les raisons sont sans doute la réduction des terres cultivables suite à leur dégradation et la croissance de la population.

3-4-2 Etat de la dégradation

Une étude du BUNASOLS (1990) dans le cadre du projet PRSAP consacre un volet à la situation de la dégradation dans le Centre-nord. A cet effet, une carte de l'état de dégradation a été dressée pour chacune des trois provinces du Centre-nord. Il en ressort que la situation est très désagréable pour le Bam, où 45% de la superficie est classée comme dégradée. Elle est plus sévère dans le département de Kongoussi avec 48%. Dans le sanmatenga, la dégradation affecte 23% des terres mais, elle atteint un niveau de 40% dans le Nord. Au Sud par contre, les terres dégradées existent très peu. Cette dégradation affecte aussi bien les sols cultivés que ceux non cultivés. Mais, la question de savoir dans quelle mesure la dégradation affecte ces deux types de sols reste posée (BUNASOLS, 1990). Cependant, nous sommes d'avis avec plusieurs auteurs que la disparition du couvert végétal constitue le point de départ de la dégradation des terres.

Vue l'importance de la dégradation des sols, nous avons tenté à travers la bibliographie d'élucider les facteurs qui concourent à cette dégradation.

3-4-3 Facteurs de la dégradation des sols

Ces facteurs peuvent être classés en deux groupes : les facteurs dits naturels et ceux anthropiques.

3-4-3-1 Facteurs naturels

Ces facteurs sont essentiellement climatiques (précipitation, hautes températures, sécheresse, vents), topographiques, pédologiques, ou biologiques (cas de certaines termites).

Dans le sahel et le Centre-nord en particulier, les pluies sont agressives. Les sols pauvres en matière organique, et mal protégés par une végétation peu développée, favorisent le ruissellement qui décape les horizons supérieurs fertiles. Les particules d'argiles, dispersées par les gouttes de pluie forment parfois en se réorganisant, une croûte superficielle imperméable (CASENAVE et VALENTIN 1989). L'action érosive des pluies dépend surtout de leur intensité mais aussi de leur fréquence. La hauteur de pluie considérée isolement n'est pas un facteur explicatif de l'érosivité (CISSE et TOURE, 1990).

Les fortes températures observées dans le Centre-nord engendrent une évapotranspiration élevée et surtout une rapide minéralisation de la matière organique qui devrait jouer le rôle de stabilisateur des agrégats.

Les différentes périodes de sécheresse qui ont frappé la région depuis les années 70 et 80 ont contribué à abaisser la nappe phréatique. La conséquence est une réduction accentuée du couvert végétal (il n'est pas rare d'observer dans certaines zones telles que Dablo et Namissiguima, des cimetières d'arbres), et exposition du sol aux agents érosifs. Ainsi, lorsque le couvert végétal est très maigre ou absent, le vent arrache sélectivement les particules en amont pour les déposer en aval. Il suffit que le vent circule au moins à 15 Km/h à 30 cm au dessus du sol pour que les particules de diamètre voisin de 0,1 mm soient entraînées les premières ; pour les particules plus grosses il faut une vitesse de 20 Km/h (CISSE et TOURE, 1990).

La topographie, par les formes du relief, la longueur et la déclivité des pentes intervient en jouant un rôle non moins important dans le processus de dégradation des sols. Les pertes en terre augmentent de façon exponentielle avec la valeur de la pente.

Les propriétés du sol constituent un facteur à prendre en compte dans le phénomène de la dégradation des sols. Il s'agit entre autre de la texture, la structure, la porosité et la

sensibilité à l'érosion. Les sols sableux par exemple sont plus sensibles à l'érosion éolienne, tandis que la présence d'argile ou de limon diminue cette sensibilité.

La dégradation des sols est aussi tributaire de l'activité des termites des genres *Bellicoterme* et *Macroterme*, qui en construisant leur habitat remontent à la surface du sol, les horizons inférieurs souvent acides, argileux, pauvres en bases échangeables et en matière organique. La profondeur des horizons remontés selon LEPAGE *et al.* (1974) cité par CASENAVE et VALENTIN (1989) varie entre 40 et 60 mètres. Sous l'effet des pluies, les vieilles termitières s'érodent et, leur terre fine dispersée et emportée par les eaux de ruissellement s'en va boucher les pores du sol. Il se crée alors une croûte superficielle limitant l'infiltration de l'eau.

3-4-3-2 Facteurs anthropiques

Ces facteurs sont liés aux agissement de l'être humain sur la nature et peuvent être classé en trois catégories: les mauvaises pratiques agricoles, le surpâturage et la coupe abusive du bois.

3-4-3-2-1 Pratiques culturelles inadéquates

Les systèmes de culture jouent un rôle prépondérant dans l'évolution du sol (ROOSE, 1981). Ainsi, une part non négligeable de la dégradation anthropogénique des sols résulte des pratiques culturelles souvent inadaptées aux conditions du milieu. En effet, le paysan chaque année utilise les mêmes outils aratoires pour ses travaux champêtres, exploitant ainsi la même épaisseur de sol tous les ans. Il favorise ainsi la compaction de son sol et par conséquent, son appauvrissement. De plus, l'exploitation sans cesse de la même épaisseur de sol rend ce dernier davantage vulnérable à l'érosions. Dans le Centre-nord comme dans bien d'autres régions du Burkina, la gestion des résidus de récolte reste encore problématique. Rarement, ces résidus sont utilisés pour le paillage du sol ou la fabrication de compost. Ils sont le plus souvent exportés en vue de nourrir les animaux ou, pour être utilisés comme combustible, matériau de construction, ou encore en artisanat pour la confection d'objets divers. Ces exportations ne sont généralement pas compensées par des apports de fumure. Et, lorsque le paysan ne trouve plus sa terre productive, il défriche une nouvelle terre quand cela est encore possible. Selon la FAO (1974), une des causes les plus fréquentes de grave dégradation des terres par la culture itinérante est liée à la culture des pentes abruptes selon un système qui ne permet pas un

contrôle satisfaisant de l'érosion. Les sols bruns, bien qu'ils puissent supporter un prélèvement continu des nutriments sont souvent sujets à la dégradation par érosion.

Selon HOEK et NICO (1989), l'introduction de la culture attelée dans le Centre-nord à partir des années 1965/67, au moment où la culture cotonnière était encore largement pratiquée, a eu des effets beaucoup plus négatifs que positifs sur l'environnement. Les effets constatés ont été l'accélération du défrichement (l'augmentation des superficies agricoles était de 30 à 40%), le non respect des courbes de niveau lors du buttage, la mauvaise gestion des matières fertilisantes. Ces actions ont contribué à l'augmentation de l'érosion et à la baisse de la production par hectare après deux années de culture, baisse allant souvent même jusqu'en dessous du niveau original. Selon l'ADRK, citée par HOEK et NICO (1989), les superficies agricoles des exploitants avec culture attelée était de 2,4 fois plus grande que celle des exploitations sans culture.

3-4-3-2-2 Surpâturage

Le développement actuel des techniques agricoles entraîne une transformation du système agricole ou pastoral vers un système agro-pastoral. Cette transformation selon KESSLER et GEERLING (1994) est régie par deux éléments contradictoires : la population animale est en hausse alors que la surface des pâturages est en baisse. Ce constat est vraiment caractéristique du Centre-nord. Ainsi, l'élevage a partout un caractère extensif avec comme corollaire la régression continue du couvert végétal et le compactage par le piétinement excessif des animaux.

3-4-3-2-3 Coupe du bois et feux de brousse

Entre 1985 et 1996, la population du Centre-nord (Bam et Sanmatenga) est passée de 530229 à 681975 habitants (INSD, 1985 et 1996 b), soit une augmentation de 151676 habitants en onze années. Ceci tout naturellement, a engendré une augmentation des besoins en combustibles (bois de chauffe et charbon), d'où une coupe de plus en plus importante de bois. BADO et SOMDA (1996) estiment la consommation annuelle en bois et charbon dans la région du Centre-nord à 12300 tonnes, soit 0,975 Kg /habitant /jour. Les feux en saison sèche parcourent la brousse, calcinant les herbacées et les ligneux, détruisant la micro-faune du sol.

3-5 FORMATION DES « ZIPELSE »

3-5-1 Définition du « zipellé »

Le terme zipellé est un terme local en langue nationale moré qui désigne les glacis dénudés, les surfaces nues et parfois lisses. Etymologiquement, le « zipellé » est un endroit de champ ou de brousse nu (ZOMBRE, Opcit). Ces surfaces sont caractérisées par l'existence en surface d'une croûte d'érosion qui empêche l'infiltration de l'eau. Pour KABORE (1995), il s'agit de glacis fortement érodés et encroûtés où se manifestent avec acuité les phénomènes d'érosion ; ces terres sont abandonnées à cause de leur improductivité. Ce sont des sols profonds mais encroûtés, qui ont perdu leurs horizons humifères (ROOSE et *al.* 1993). Ils sont exposés à l'ardeur du soleil et à la battance des pluies. Ce sont des espaces sur lesquels rien ne pousse parce que encroûtés et fortement dégradés. Leur surface gris blanc et réfléchissante en bas de pente est plutôt jaunâtre, ou rougeâtre sur le haut (GUILLET, 1991). Ce sont des zones qui portaient initialement de la végétation mais, sont désormais nues toute l'année. Elles apparaissent sur les photographies aériennes comme des clairières, ou zones blanches (KAMBOU et ZOUGMORE, 1996). Les « zipelsé » sont aussi appelés plages blanches, qui sont différentes des plages nues. Une plage nue est certes dépourvue de végétation mais, elle peut être latéritique, sableuse ou argileuse. On en déduit donc que les plages blanches sont un sous ensemble des plages nues. Tandis que les plages nues latéritiques ne sont pas récupérables et constituent souvent la phase ultime de dégradation du sol, la couche récupérable étant décapée par l'érosion, les plages blanches selon KESSLER et GEERLING (1994) sont récupérables et nécessitent de grands efforts, particulièrement pour les sols limoneux.

L'importance de ces « zipelsé » dans les zones Centre et Nord du pays devient inquiétante (KAMBOU et ZOUGMORE, 1996).

3-5-2 Formation des « zipelsé »

La formation des « zipelsé » et leur extension ont pour corollaires la réduction des terres cultivées, la baisse des rendements et la concentration des populations sur des terres plus productives, engendrant ainsi leur surexploitation et l'accélération des phénomènes de dégradation (KABORE, 1995). BOUSQUET (1997) distingue deux étapes successives dans le processus de formation des « zipelsé » : la première étant la fermeture du sol et la seconde étape est celle qui se situe entre les réorganisations superficielles et la formation des « zipelsé ».

3-5-2-1 Fermeture du sol

Selon CASENAVE et VALENTIN (1989), GUILLET (1991), les raisons et mécanismes pouvant conduire au dénuement du sol sont multiples et, on peut observer par conséquent, deux types de « zipelsé » : les sols nus à pellicule plasmique, et les sols nus à croûte bien individualisée. La croûte ici est une réorganisation superficielle du sol, dure, d'épaisseur variable du millimètre au centimètre et la pellicule, une réorganisation beaucoup plus fine ne possédant pas en surface de partie durcie.

3-5-2-1-1 Sols nus à pellicule plasmique

Le mécanisme conduisant à cette réorganisation serait beaucoup plus proche de celui de la battance très rependue dans les cultures annuelles (BOUSQUET ,1997). Ce mécanisme se produit en trois phases: destruction des agrégats sous l'effet de la pluie, déplacement, dépôt et réorganisation.

La pénétration de l'eau dans les petits pores du sol sous l'influence des forces capillaires peut provoquer l'éclatement des agrégats du sol (TRICART, 1977). On obtient alors des micro-agrégats de taille généralement inférieure à 500µm, ou de taille un peu plus grosse, lorsque les agrégats de départ sont partiellement saturés ou quand, la vitesse d'infiltration est lente (LE BISSONNAIS et LE SOUDER, 1995). L'impact des gouttes de pluie, détruit les agrégats et détache les particules qui se trouvent en surface de ces agrégats. Ce matériel de surface en se réorganisant bouche les pores par lesquels l'eau transite dans le sol et forme une croûte ou une pellicule de battance (TRICART, 1977).

Lorsque le sol est sec et à faible cohésion comme c'est le cas dans notre zone d'étude, les premières gouttes de pluie pénètrent et dispersent leur énergie cinétique dans le déplacement des particules. Progressivement, la terre s'humidifie et acquiert plus de cohésion. Les agrégats sont alors moins facilement détruits par les gouttes de pluie et se fondent (TAPIA, 1985). Le processus de rejaillissement ne commence que lorsqu'un certain niveau de cohésion est atteint. La partie supérieure du sol est mécaniquement compactée ; ses pores sont obstrués par de fines particules et, on aboutit à la formation d'un pavage d'infiltration (TAPIA, 1985).

- Le début des phénomènes d'érosion. La présence d'une fine couche d'eau à la surface du sol entraîne une chute de la cohésion de la couche de surface du sol et son érosion (TAPIA, 1985). Si l'on rajoute à ceci l'énergie du ruissellement et son effet abrasif (ROOSE, 1977), on aboutit dans une certaine mesure à la destruction de la croûte qui vient de se développer. Dans ce cas, la surface peut redevenir perméable. Si l'érosion est forte, on peut aussi craindre un décapage de l'horizon A, puis un nouvel encroûtement. Dans le cas où la croûte perdure, elle protège de l'érosion ; mais toute la pluie qui tombe ruisselle et il faut craindre un important déficit hydrique pour les plantes. Ces formes de sols dénudés sans être parfois totalement dégradés s'avèrent improductifs. En réalité, les relations possibles entre ces différentes évolutions et leur succession temporelle sont assez complexes et méritent d'être étudiées plus en détails. Des facteurs tel que la végétation ou le relief peuvent moduler le rôle qu'ont les organisations pédologiques superficielles dans la modification du trajet de l'eau (CASENAVE et VALENTIN, 1989).

Face à la allure inquiétante de la dégradation des sols, l'être humain n'est pas resté passif. Dans de nombreux terroirs, on note des actions considérables entreprises par les populations en vue de réduire le phénomène.

3-6 REPONSES ANTHROPIQUES

MILLEVILLE et SERPANTIER (1994) distinguent trois grandes catégories de réponses suivant leur mécanismes et leurs interactions. Ce sont : les processus naturels ; les techniques s'inscrivant dans la conduite des systèmes de culture ; les techniques d'aménagement et d'amélioration foncière.

3-6-1 Processus naturels

Il s'agit de la jachère qui est une pratique traditionnelle de restauration de la fertilité des sols. En principe, elle est toujours une mesure valable à recommander. Mais en réalité, sa mise en œuvre dans le Centre-nord est limitée par la disponibilité des terres. Cette pratique n'est plus suffisante pour assurer une réhabilitation dans le cas des sols ultradégradés (ZOMBRE et *al.*, 1999). Elle est en régression (REIJ, 1982 ; BUNASOLS, 1990).

3-6-2 Techniques s'inscrivant dans la conduite des systèmes de culture

Ce sont l'association des cultures, la rotation, l'assolement, le paillage du sol et la fertilisation organique et /ou minérale.

Aux cultures céréalières (sorgho, mil), les paysans associent les légumineuses tel que le niébé, l'arachide et le vouandzou, ce qui permet une amélioration de la fertilité du sol. Cette technique assez courante dans la zone doit être encouragée (BUNASOLS, 1990).

L'assolement /rotation tel sorgho+niébé ; sorgho+arachide ; mil+arachide ou mil+vouandzou permet au producteur de minimiser les risques et de restaurer de façon naturelle la fertilité de son sol.

L'effet du paillage sur le sol est très favorable dans la mesure où il joue un rôle protecteur du sol quand il est bien appliqué. En effet, il protège le sol des hautes températures (donc réduction de l'évapotranspiration), de l'effet abrasif des vents et l'impact des gouttes de pluie. Il constitue un obstacle au ruissellement et crée un microclimat propice à l'activité mésofaunique, améliorant ainsi le statut organique du sol en surface. Malheureusement, son application reste faible car, les résidus de récolte sont le plus souvent exportés.

L'apport de la fumure minérale ne s'observe que dans le cas des cultures de rente (coton) et quelques fois en culture maraîchère. Elle est très peu utilisée dans l'ensemble de la région. Cela pourrait s'expliquer par le manque de moyens financiers chez les producteurs. L'application de la fumure organique elle, est plus importante que celle minérale mais, reste également faible. Son utilisation sous forme de brûlis ou de mulching tend à disparaître de nos jours, avec la prise de conscience et le besoin grandissant des populations en matière végétale, pour la production de compost. Malheureusement, cette dernière est soumise à des contraintes : manque d'eau et matière organique disponible insuffisante. Les quantités de fumier restent faibles par rapport aux besoins en couverture des champs. Elle se traduit par l'épandage du fumier dans les champs ou par le parcage itinérant des animaux. Sur les sols légers, cette fumure permet la préservation du peu d'argile, de leur structure, et surtout l'acquisition d'une certaine propriété colloïdale due à la matière organique, et d'un complexe absorbant plus riche et plus stable (BUNASOLS, 1990). Pour les sols profonds et argileux, cette fumure organique évite la dispersion des argiles en favorisant la formation des agrégats. La figure 9 montre l'évolution des superficies paillées et celles fumées entre 1991 et 1997 dans le Bam.

3-6-3 Techniques d'aménagement et d'amélioration foncière

Ces techniques à action prolongée regroupent le zaï, les demi-lunes, les diguettes, les digues filtrantes et les plantations d'arbres.

Le zaï est considéré comme un système simple de restauration de la productivité des terres, qui fait appel à un apport localisé de matière organique, à l'infiltration localisée du ruissellement et à un travail profond du sol. Il est généralement pratiqué sur des sols qui avaient été abandonnés et bien souvent, transformés en « zipellé ». Dans la province du Sanmatenga, la Direction Provinciale de l'Agriculture (DPA) estime à 1449.25 hectares les superficies aménagées en zaï durant la campagne 1997/98 (tableau n°4). En 1997 dans le Bam, le PATECORE /GTZ estimait ces superficies à 1500 hectares (figure 9). Cette technique qui a permis la récupération de nombreuses surfaces dégradées favorise la sédentarisation des producteurs et, selon VLAAR (1992), de toutes les techniques actuelles, le zaï est la seule qui permet d'obtenir dès la première campagne, des rendements susceptibles de couvrir les coûts d'investissement. KAMBOU et ZOUGMORE (1996) ont suivi l'évolution des paramètres physico-chimiques du sol en surface, induite par les méthodes culturales. Leur expérience montre que l'impact de la technique du zaï sur l'évolution de l'état de surface du sol, semble primordial dans la rapidité de récupération du sol. Le zaï n'empêche pas l'encroûtement mais, celui-ci est différent. La macroporosité y est toujours existante et on distingue en surface une croûte comprenant un micro-horizon de sable grossier légèrement pris en masse, recouvrant une pellicule plasmique. Entre les trous de zaï, les surfaces encroûtées (croûte de type ERO) sont dominantes avec une charge grossière peu importante (10%).

Les demi-lunes au même titre que le zaï sont une technique de restauration de la productivité des terres. Disposées en quinconce sur la parcelle, elles permettent une récupération des eaux de ruissellement, améliorant ainsi l'humidité du sol. Pour la campagne 1997/98, 2010 hectares ont été aménagés en demi-lune dans la province du Sanmatenga (tableau n°4).

La construction des diguettes fait partie des stratégies paysannes d'économie de l'eau et de la gestion de la fertilité des sols. Elle avait été abandonnée au début du siècle probablement à cause de la politique de travail forcé et de l'introduction des impôts par les colonisateurs (REIJ, 1982). Elles sont le plus souvent construites avec des pierres disposées en alignement simple ou multiple pendant la saison sèche. C'est une technique très rependue dans le Centre-nord, même si la province du Yatenga reste pionnière dans le domaine. Ces ouvrages

répondent bien aux contraintes de la région : réduction du déficit hydrique dans le sol, amélioration de l'infiltration, réduction du ruissellement et des quantités de terres emportées, et un meilleur enracinement des plantes (BUNASOLS 1990). En freinant le ruissellement, ils occasionnent en amont et en aval, une sédimentation des particules fines du sol (argile, limon, sable fin). Ces dépôts permettent de recréer un horizon A sur les sols qui avaient été décapés, l'horizon B peut alors s'humecter, et les racines se développer (KAMBOU et ZOUGMORE, 1996). Contrairement aux cordons en terre que nous n'avons pas rencontrés durant toutes nos sorties, les cordons en pierres ont l'avantage de nécessiter peu d'entretien (sauf pour les régions très sableuses où le sable vient recouvrir complètement les aménagements). Les superficies aménagées en cordons pierreux pendant la campagne agricole 1997/1998 ont été estimées à 1152 ha dans le Sanmatenga par le DPA. Les figures 5 et 6 montrent l'évolution des superficies aménagées en cordons pierreux de 1988 à 1994 respectivement dans la province du Sanmatenga et dans le village de Dablo.

Les digues filtrantes constituent une composante des programmes de sites anti-érosifs. Ce sont des ouvrages de taille importantes qui permettent la sédimentation des boues fertiles pour, assurer l'enrichissement des bas-fonds, au lieu qu'elles ne se perdent dans les rivières et les fleuves (BUNASOLS, 1990). Ceci se justifie dans la mesure où les cordons pierreux n'empêchent pas systématiquement l'écoulement des eaux de pluie. Le ruissellement et donc l'érosion subsistent toujours lorsque les pluies sont importantes (fortes intensités). Les paysans expriment un intérêt pour cette opération mais, elle est très coûteuse. De plus, on note souvent des désaccords entre les paysans et les techniciens en charge de l'aménagement, ou parfois le non respect de la méthode d'implantation des barrières. Les paysans préfèrent faire les barrières près de chez eux d'abord (en aval), plutôt que de commencer en amont comme il se doit. Les figures 7 et 8 montrent l'évolution des aménagements en digues filtrantes pour la période 1988-1994 respectivement dans la province du Sanmatenga et dans le village de Dablo.

Les actions de reboisement sont limitées par le manque de sols profonds et, la concurrence pour l'agriculture. Cependant, on note dans la région de nombreux petits espaces reboisés, perceptibles sur les photographies aériennes. Les espèces concernées sont le genre *Acacia*, *Eucalyptus camaldulensis*, et *Azadirachta indica*. Les superficies reboisées dans les deux provinces d'étude figurent dans le tableau n°5.

Tableau n°4 : Superficiés aménagées en zaï et demi-lune dans le Sanmatenga.

Campagne 1997-98 (département de : Pissila, Ziga, Pibaoré)

	Superficie totale (ha)	Nombre de villages	Nombre de producteurs	Superficie moyenne aménagée /producteur (ha)
Demi-lune	2010	25	1720	1,17
Zaï	1449,25	62	1020	1,42

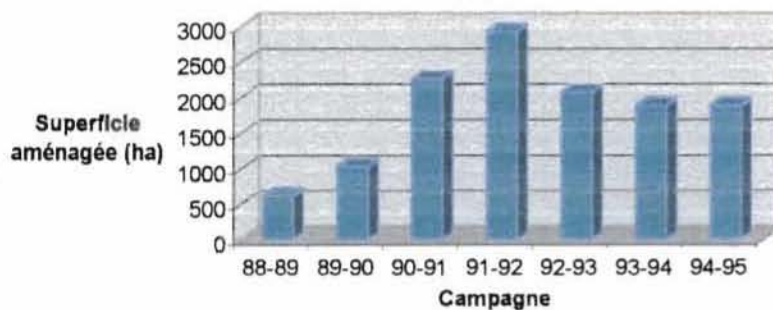
Source : DPA Sanmatenga

Tableau n°5 : Plantations d'arbres dans les provinces du Bam et du Sanmatenga.

	Bam	Sanmatenga
Plantation classique	115,84 ha	142,15 ha
Plantation agro-forestière		52,20 ha
Autres		34,30 ha

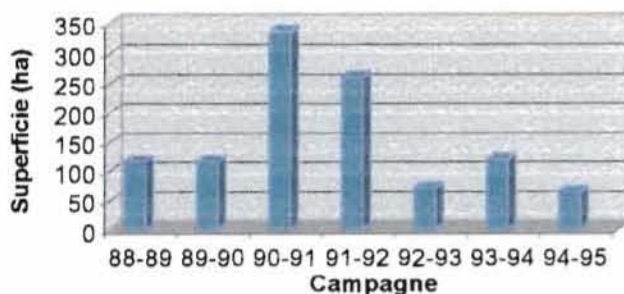
Source : DREEF du Centre-nord / Kaya

Fig.5: Réalisations en cordons pierreux dans le SANMATENGA de 1988 à 1994. Programme PEDI /CRPA/ SAER



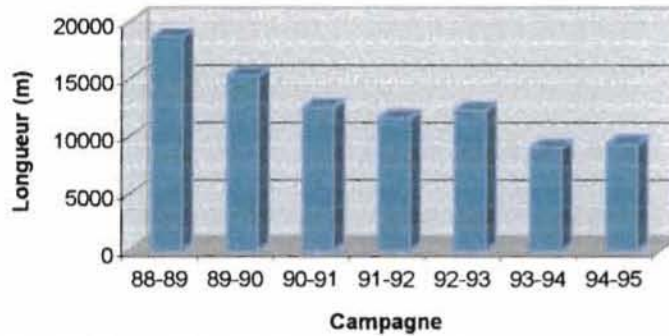
Source : PEDI Kaya, Rapport de campagne 94-95

Fig.6: Réalisations en cordons pierreux à Dablo de 1988 à 1994. Programme PEDI/ CRPA/ SAER



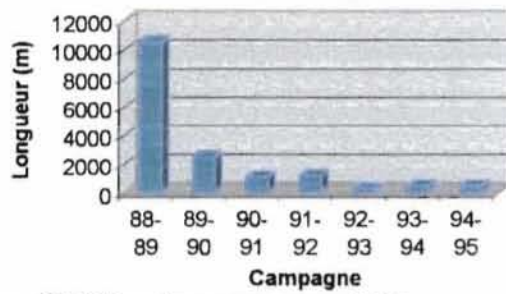
Source : PEDI Kaya, Rapport de campagne 94-95

Fig.7: Réalisations de digues filtrantes dans le SANMATENGA de 1988 à 1994. Programme PEDI /CRPA/ SAER



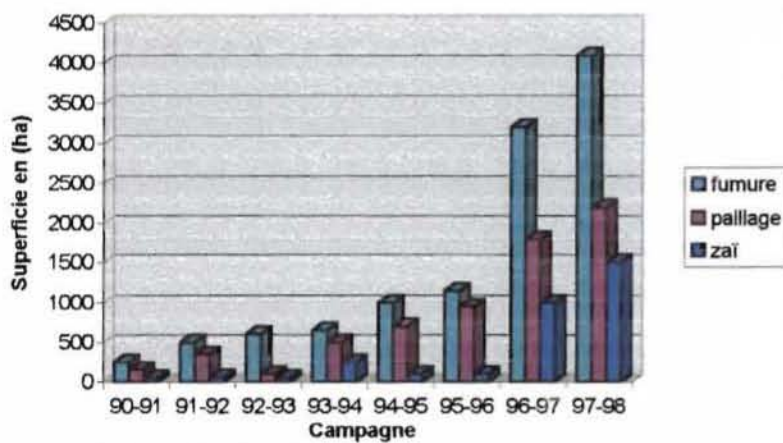
Source : PEDI Kaya, Rapport de campagne 94-95

Fig.8: Réalisations de digues filtrantes à Dablo de 1988 à 1994. Programme PEDI/ CRPA/ SAER



Source : PEDI Kaya, Rapport campagne 94-95

Fig.9: Evolution des superficies aménagées en fumure organique, zaï et paillage dans le BAM



Source : PATECORE /GTZ, 1998

3-7 CONCLUSION

Le Centre-nord du Burkina Faso, de par ses conditions climatiques est l'une des plus défavorisée du pays. En effet, la faible pluviométrie et la baisse de la nappe phréatique limitent les productions végétales. Les sols sont dans l'ensemble médiocres. Il sont généralement épuisés suite à utilisation continue sans véritable apport de fumure. Tout ceci concourt à compromettre la durabilité de la production agricole dans la région et, contribue directement aux risques de dégradation. La manifestation visible de cette dégradation se traduit par la multiplicité et l'extension des « zipelsé » que l'on rencontre en de nombreux endroits dans le Centre-nord. C'est un véritable enjeu pour les populations qui se trouvent confrontées à une réduction des sols cultivables, et qui doivent cependant produire leur subsistance. Conscients des menaces qui pèsent sur leur avenir, les paysans ont entrepris avec l'aide des projets, ONG et structures étatiques d'encadrement, de nombreuses actions en vue de lutter contre l'extension de la dégradation des sols. Parmi ces actions note-t-on la construction des cordons pierreux assez répandue dans la zone, la pratique du zaï et des demi-lunes, le parcage des animaux et les plantations d'arbres.

CHAPITRE 4 : METHODOLOGIE

4-1 RECHERCHE DOCUMENTAIRE

C'est la première étape de notre travail et a consisté en la collecte d'informations se rapportant au thème d'étude.

4-2 TRAVAUX CARTOGRAPHIQUES

4-2-1 Recherche des photographies aériennes

Nous disposons de photographies aériennes à deux périodes pour les sites de Kongoussi et Namissiguima, et une période pour ceux de Dablo et Soubeira. Toutes les photographies aériennes proviennent de l'Institut Géographique du Burkina sauf celles de Namissiguima 1955 qui ont été commandées à l'IGN France.

Le tableau ci-dessous renseigne sur les années de prise de vue, les numéros des missions, les numéros des photographies aériennes utilisées et, le nombre de photographies par site.

Tableau n°6: Liste des photographies aériennes interprétées.

Site d'étude	Année de prise de vue	Numéro de la mission	Numéro des PVA	Nombre de PVA	Echelle
KONGOUSI	1955	AOF ND-30-XI	339 à 345 376 à 382 401 à 407	17	1/50000
	1995	KAYA 95141 B	6643 à 6647 6649 à 6654 6704 à 6709	21	1/50000
NAMISSIGUIMA	1955	AOF ND-30-XI	221 à 226 240 à 245 285 à 290	18	1/50000
	1995	KAYA 95141 B	6923 à 6927 6961 à 6965 7003 à 7007	15	1/50000
DABLO	1995	KAYA 95141 B	7200 à 7206 7237 à 7243 7280 à 7286	21	1/50000
SOUBEIRA	1996	BOULSA 96158 B	7767 à 7772 7791 à 7796 7818 à 7824	19	1/50000

PVA= prise de vue aérienne

- nature du relief ;
- rupture de pente au niveau des glaciers ;
- nature et intensité des phénomènes morphodynamiques (érosion, ruissellement).

Quant à l'occupation des terres, les unités homogènes ont été délimitées sur la base de l'intensité du couvert végétal, de la forme même des unités, mais aussi la nature du relief .

Une unité est homogène sur la photographie aérienne quand il n'y a pas de changement physiognomique significatif à l'analyse stéréoscopique (texture, structure, forme). Les zones homogènes comportent parfois de faibles variations sur des surfaces importantes, ou inversement, des changements rapides sur de petites surfaces. Ces éventualités en aucun cas ne remettent en cause l'homogénéité des zones délimitées.

4-2-5 Elaboration des cartes provisoires

A l'issue de la photo-interprétation, les différents transparents ont été assemblés avec du scotch afin de reproduire les plans sur du papier calque. Ces plans constituent les cartes provisoires que nous avons emportées sur le terrain pour la vérification des zones homogènes délimitées.

4-2-6 Sortie de validation

Avec les cartes provisoires, les photographies aériennes et un stéréoscope de poche, nous avons effectué une sortie sur le terrain afin de vérifier et corriger les limites des unités délimitées en salle. Ce fut l'occasion de relever des coordonnées UTM à l'aide du GPS Scoutmaster. Ces dernières ont été relevées suivant des transects pré-établis en salle et, les repères étaient les croisements de voies, les pointements de butte, parfois les arbres les digues des barrages quand ils étaient identifiables. Le nombre de coordonnées relevées variaient de sept à douze selon les sites et, la moyenne des points par coordonnée était de six cents points. Cette moyenne de six cents points permet d'obtenir une erreur de cinq mètres environ. Le temps de prise d'une coordonnée GPS variait entre trente et quarante cinq minutes ; ce temps est fonction du nombre de satellites en liaison avec le GPS. Ces coordonnées ont été sauvées dans ACU LOCK et ont permis de géoréférencier les cartes dans le globe terrestre et, dès lors

il est possible de situer géographiquement n'importe quel élément sur la carte automatiquement par ses coordonnées.

4-2-7 Cartographie définitive

De retour en salle, les cartes provisoires ont toutes été corrigées et numérisées dans ARCINFO 3.5 à partir de la table à numériser, puis documentées dans ARCVIEW 3.1.

La numérisation consiste à convertir l'information graphique où les données sont localisées en X,Y sur un espace identifié connu sous le nom de couverture, en données numériques. Concrètement, il s'agit à l'aide de la souris de la table de retracer tous les arcs contenus dans la couverture et de les stocker sous des couvertures différentes selon les thèmes. Ainsi, pour la carte d'occupation des terres, nous avons créé cinq couvertures à partir de la couverture initiale :

- « occupt » pour les unités d'occupation des terres (champs, jachères, savane dense, savane claire, buttes et collines, sols nus) ;
- « hydro » pour les cours d'eau temporaires ;
- « piste » pour les pistes ;
- « rout » pour les routes départementales ;
- « loc » pour les localités.

Au niveau des cartes géomorphologiques, six couvertures ont été créées à partir de la couverture initiale. Ce sont :

- « relief » pour les unités géomorphologiques ;
- « hydro » pour les cours d'eau temporaires ;
- « piste » pour les pistes ;
- « rout » pour les routes départementales ;
- « solnu » pour les sols nus ;
- « loc » pour les localités.

Une couverture qui porterait plusieurs thèmes géographiques ne répond pas au concept de SIG car, les données des tableaux seront inexploitable. Ce serait alors le concept

cartographique où il n'y a pas un besoin d'utiliser des tables. Les différentes couvertures sont corrigées dans ARCTOOLS 3.5 avant d'être importées dans ARCVIEW 3.1 pour la documentation.

La documentation consiste à habiller la carte brute. Elle fait référence à l'information tabulaire ou descriptive des données graphiques où les données sont quantitatives et /ou qualitatives. Elles sont contenues dans des tableaux ou tables d'attributs créés automatiquement lors de la numérisation de la couverture dans ARCTOOLS. Le tableau peut être agrandi en nombre de colonnes selon les informations nouvelles acquises et reliées au graphisme. La table d'attributs de la couverture « relief » de la carte géomorphologique de Kongoussi figure en annexe 17.

4-3 IDENTIFICATION ET CHOIX DES ETATS DE SURFACE

A partir de la photo-interprétation, deux états de surface nous sont apparus primordiaux dans la compréhension des phénomènes de dégradation : les états de surface nus et les états de surface végétalisés. La transition qui est la zone intermédiaire entre ces deux derniers états de surface a aussi été étudiée afin de comprendre le passage du premier état au second. CASENAVE et VALENTIN (1989) définissent un état de surface comme étant soit une surface élémentaire, soit un ensemble de surfaces élémentaires où il y a interaction entre elles ; la surface élémentaire étant un ensemble homogène du point de vue couvert végétal, surface du sol, et organisations superficielles pédologiques qui ont subi des transformations sous l'effet des facteurs météorologiques, fauniques et anthropiques.

L'identification des états de surface sur les différents sites d'étude se justifie par le fait que la sensibilité d'un sol à la dégradation dépend fortement de l'état de surface. En effet, un sol couvert par la végétation et un sol nu n'ont pas les mêmes sensibilités vis à vis de l'érosion et de l'infiltration. De même, un état nu ERO ou un état nu DEC, ou encore un état nu G ne sont pas identiques. Les différents états de surface ont été choisis suivant des transects déjà établis sur les sites d'étude (annexes 5 , 8 et 11)ou, chacun des états de surface est matérialisé par une fosse pédologique (décrite en annexes 3 ; 4 ; 6 ; 7 ; 9 et 10). Afin de comprendre le rôle joué par ces états de surface dans la dynamique de formation des sols nus, un certain nombre de travaux de terrains ont été effectués : la pénétrométrie, les simulations de pluies et, les prélèvements d'échantillons pour analyses physiques et chimiques.

4-4 PENETROMETRIE

La pénétrométrie est une technique de sondage qui permet d'estimer la pression dans le sol à des profondeurs variables. Cette pression mesurée traduit la résistance du sol à la pénétration des racines des plantes. La pénétrométrie peut être un indicateur de l'aération et de la consistance du sol. Le pénétromètre utilisé est celui de type EIJKELKAMP et nous a permis de mesurer la pression dans le sol à partir de 2,5 centimètres jusqu'à 45 centimètres de profondeur sur les différents états de surface étudiés dans tous les sites. Il est constitué d'une manche, un manomètre et de tiges pointues graduées vissables de calibres différents. L'appareil placé verticalement, l'utilisateur exerce une pression sur la manche pour enfoncer la tige graduée à la profondeur voulue. La pression est alors lue directement en mégaPascal (MPa) sur l'écran de bord de l'appareil (manomètre). Ces mesures ont été effectuées dans la première semaine d'Octobre.

4-5 SIMULATION DE PLUIES

Les pluies simulées ont été effectuées sur les états de surface nu, végétalisé et de transition de chaque site d'étude. L'appareil utilisé était le micro-simulateur de marque EIJKELKAMP dont le cadre inférieur mesure $0,072\text{m}^2$. Un essai de simulation de pluie consiste à faire pleuvoir sur une surface de sol limitée par les dimensions du cadre inférieur, fixé sur ce sol. L'appareil se compose d'un réservoir contenant de l'eau, un cadre inférieur de 0.072m^2 fixé au sol pour délimiter la surface d'essai, une charpente formée d'un cadre rectangulaire muni d'un niveau à eau et de quatre piliers. Cette charpente fixée sur le cadre inférieur permet de positionner le réservoir d'eau à 50 centimètres au dessus du sol. La base du réservoir est rectangulaire et munie de perforations. Sa surface est identique à celle du cadre inférieur.

Une fois le réservoir rempli et posé sur la charpente, on tire le bouchon supérieur au temps T_0 pour que la pluie tombe. Ensuite, on note le temps au bout duquel la première goutte de l'eau ruisselée, atteint le becher de récupération placé dans un trou creusé à cet effet (un exutoire placé entre la surface de mesure et le trou permet de canaliser l'eau ruisselée au becher) ; c'est le temps T_1 . Ensuite, une minute après le temps T_1 , le becher de récupération est remplacé par un autre. Les quantités d'eau sont lues dans une éprouvette graduée et notées. Quand le réservoir se vide, il est reapprovisionné en eau et la mesure peut continuer jusqu'à ce

que la quantité d'eau ruisselée recueillie devienne constante. Trois répétitions ont été effectuées par état de surface à raison de trois remplissages successifs du réservoir par répétition. Le micro-simulateur utilisé a un débit de 6mm /mn.

4-6 PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS ET ANALYSES

Sur chaque site, des échantillons de sol ont été prélevés sur les états de surface nu, transition et végétalisé ; l'état nu étant celui ne comportant aucune végétation, la transition, la zone intermédiaire entre l'état nu et celui végétalisé et enfin, l'état végétalisé étant représenté par la surface abritant la végétation. Les prélèvements ont concerné les horizons supérieures (0-24cm).

Les analyses ont porté tant sur l'aspect physique que chimique des échantillons de sol. Il s'agit de la granulométrie trois fractions (argiles, limons, sables) pour les analyses physiques, et le pH_{KCl}, pH_{eau}, l'azote total, le phosphore total et les cations de réserve (potassium, calcium, sodium et magnésium) pour les analyses chimiques. L'objectif de la granulométrie est de séparer les différentes fractions minérales du sol dont les particules sont inférieures ou égales à 2mm, et de déterminer leur proportions (BUNASOLS, 1987). Le choix de la détermination des cations de réserve au lieu des bases échangeables se justifie dans le cas de notre étude, dans la mesure où leur carence ou leur excès dans le sol peuvent influencer les réorganisations superficielles.

Les méthodes des analyses granulométrique et de pH figurent en annexe 2. Ces analyses ont été effectuées au Laboratoire d'Ecologie de l'Université de Ouagadougou. Celles des autres paramètres chimiques ont été réalisées par le BUNASOLS.

CHAPITRE 5 : EXPRESSION ET ANALYSE DES RESULTATS

5-1 GEOMORPHOLOGIE ET SOLS NUS

Rappelons que l'objectif de cette cartographie était d'identifier une relation possible entre unité géomorphologique et sol nu. L'interprétation des prises de vues aériennes nous a permis de distinguer trois grandes unités physiographiques qui sont les mêmes que celles déjà identifiées par le BUNASOLS (1995) dans la région du Bam. Il s'agit des reliefs résiduels, des surfaces fonctionnelles et des ensembles fluvio-alluviaux.

Le reliefs résiduels

Dans ce groupe avons nous classé :

- Les *buttes rocheuses* qui sont des collines birrimiennes constituées soit de roches basiques saines ou altérées, soit de schistes argileux. Ces buttes peuvent s'étendre sur plusieurs kilomètres pour former des chaînes de collines.
- Les *buttes cuirassées* : ce sont de petites collines souvent isolées, parfois liées aux roches birrimiennes. Elles présentent un sommet tabulaire et sont limitées par des versants très inclinés. On parle aussi de butte témoin pour désigner une butte représentant sur une plate forme démantelée par l'érosion, les restes du relief ancien (PNGIM, 1996). Lorsqu'elles sont cuirassées et c'est le plus souvent le cas dans nos sites d'étude, elles sont recouvertes d'une dalle de cuirasse ferrugineuse ou bauxitique.
- Les *plateaux cuirassés* ou *non cuirassés* : ce sont des surfaces de terrain plane ou faiblement inclinées dans un seul sens, entaillées ou délimitées par des vallées assez encaissées La surface peut être tabulaire ou ondulée Dans la plupart des zones d'étude, ils sont cuirassés car présentant en surface une dalle de cuirasse continue avec un épandage de cailloux et blocs de cuirasse démantelée .
- Les *affleurements rocheux* : ce sont les parties du substratum visibles à la surface du sol

Les surfaces fonctionnelles

Elles regroupent les versants érodés, les glacis et les interfluves.

- Les *versants érodés* : ce sont des surfaces directement rattachées aux reliefs résiduels et présentant une pente assez forte, supérieure à 5%. Au niveau de cette unité, on constate une forte érosion qui entraîne un décapage du matériau de surface, ce décapage étant fonction de la présence ou d'absence de végétation.

- Les *glacis* : ce sont les unités les plus importantes dans toutes les zones étudiées. Ils sont représentés par des surfaces planes à pente douce et unie inférieure ou égale à 5% et constituent la transition entre les ensembles fluvio-alluviaux et les reliefs résiduels. En fonction de la pente, le glacis est subdivisé en trois parties :

- *glacis pente supérieure* (5 à 4%)
- *glacis pente moyenne* (4 à 2%)
- *glacis pente inférieure* (2 à 1%)

Sur ces glacis, on note souvent un épandage de gravillons dont la taille décroît de la pente supérieure vers celle inférieure. Selon la nature du matériau et suivant les zones, on note des glacis à manteau d'altération kaolinique ou la pédogenèse est dominée par les processus de ferruginisation et /ou de cuirassement et des glacis dont le manteau d'altération est constitué de matériau de type montmorillonitique où domine la brunification. Ce dernier type de glacis se rencontre à Kongoussi, Dablo et Soubeira.

- Les *interfluves* : ces unités sont des surfaces convexes situées entre deux ensembles fluvio-alluviaux. Ils comprennent une aire sommitale, une aire intermédiaire et une aire inférieure que nous n'avons pas jugé nécessaire de mentionner sur les cartes. D'ailleurs, nous les avons très peu rencontrés dans notre aire de prospection. Leur pédogenèse semble identique à celle des glacis.

Les ensembles fluvio-alluviaux

Ils sont constitués par les plaines et les bas-fonds.

- Les *plaines* : ce sont des régions où les interfluves sont réduits à des reliefs très faibles. Elles sont moins élevées que les terrains environnants et se présentent le plus souvent sous forme de dépressions allongées, parcourues par les cours d'eau, avec accumulation d'alluvions. Plus souvent, cette unité relie les glacis pente inférieure aux bas-fonds.

- Les *bas-fonds* sont représentés par les terrains bas enfoncés et désignent le lit majeur des cours d'eau.

5-1-1 Résultats à Kongoussi

5-1-1-1 Géomorphologie

La superficie totale cartographiée à Kongoussi est de 85759,63 ha (tableau n°7). La carte montre que la zone est très accidentée avec de nombreuses hautes buttes. Elles occupent 30,20% de la superficie totale dont 23,03% sont représentées par les buttes rocheuses, ce qui équivaut à une superficie de 19748,07 ha. C'est l'unité géomorphologique la plus importante après les glacis. Ces buttes sont constituées de granites, de schistes, de roches vertes et d'autres roches diverses. Leur sommet est souvent arrondi ou se présente en dents de scie dans le cas des schistes. Les buttes cuirassées elles, sont moins importantes que celles rocheuses mais occupent une superficie non négligeable (soit, 7,17% de la superficie totale). Elles présentent souvent un sommet tabulaire. Les buttes le plus souvent sont jointives si bien qu'elles forment des chaînes.

Après les buttes viennent ensuite les glacis pente supérieure avec une superficie de 18962,14 ha, soit 21,60% de la superficie totale. Leur importance pourrait se justifier par celles des buttes car, ces deux unités sont le plus souvent liées.

Les glacis pente moyenne, occupent 15,11% de la superficie cartographiée et les glacis pente inférieure, 9,27%. Les versants érodés, les affleurements rocheux et les plateaux cuirassés représentent respectivement 4,74 %, 3,53% et 2,84% de la superficie totale. On note des potentialités importantes en plaine et bas-fond avec respectivement 6207,38 ha (7,24%) et 3581,86 ha (4,18%). On constate dans cette zone une régression de la superficie des glacis lorsqu'on passe de la pente supérieure à celle inférieure.

Tableau n°7 : Unités géomorphologiques à Kongoussi.

Unité géomorphologique	Superficie (ha)	Superficie (%)
Butte cuirassée	6145,38	7,17
Butte rocheuse	19748,07	23,03
Plateau cuirassé	2439,24	2,84
Versant érodé	4068,12	4,74
Affleurement rocheux	3023,46	3,53
Glacis pente supérieure	18526,39	21,60
Glacis pente moyenne	12962,14	15,11
Glacis pente inférieure	7950,23	9,27
Plaine	6207,38	7,24
Bas-fond	3581,86	4,18
Lac Bam	1107,36	1,29
Total	85759,63	100

5-1-1-2 Répartition des sols nus

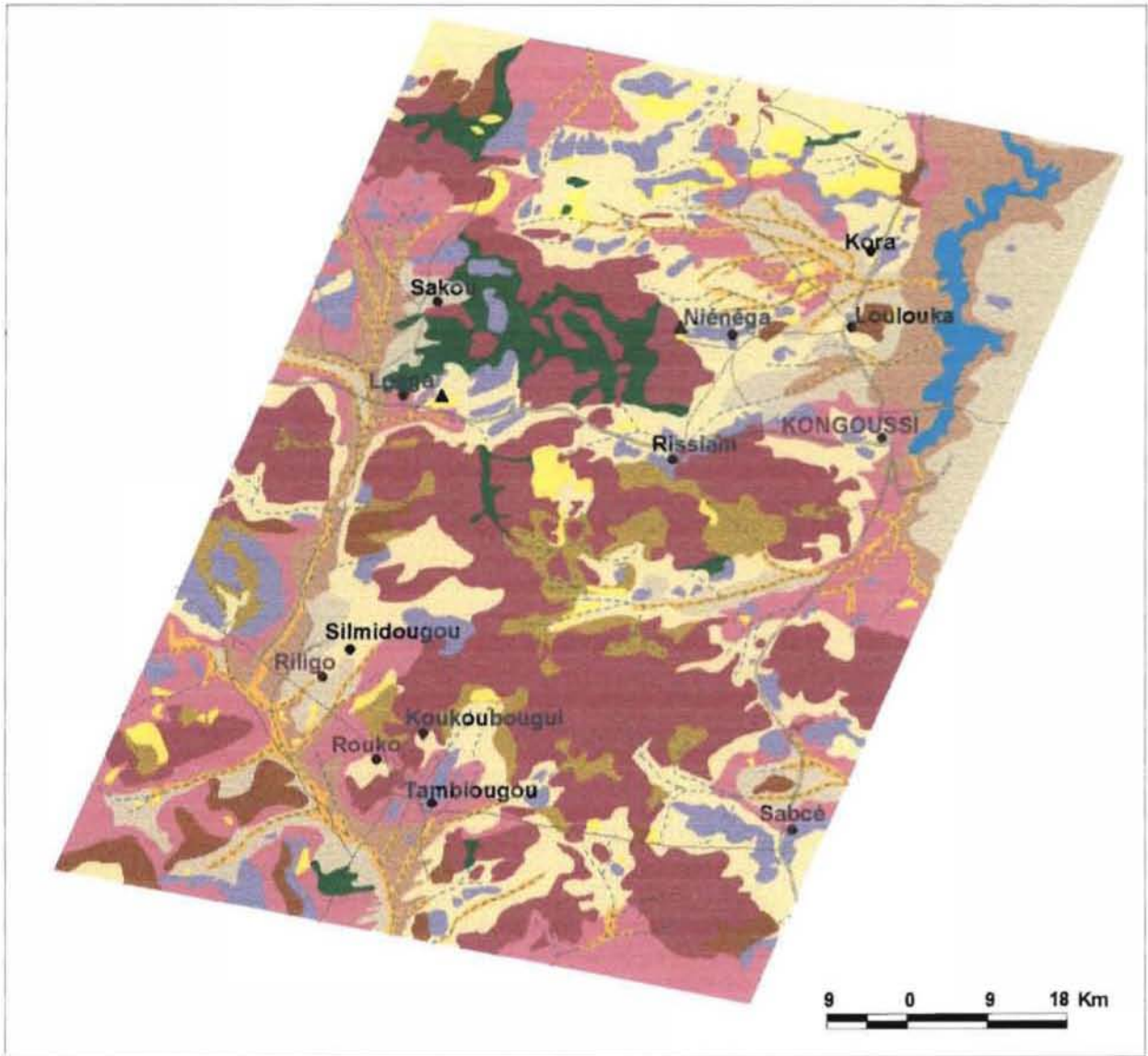
Ils couvrent une superficie totale de 2006,30 ha, soit 2,34% de la superficie cartographiée (Tableau n°8). Par ordre d'importance, on retrouve 70,53% des sols nus sur les glacis pente supérieure, 14,1% sur les versants érodés et 9,29% sur les glacis pente moyenne. Sur les glacis pente supérieure, leur superficie est de 69,71 ha, soit 3,47% de la superficie totale des sols nus. On les rencontre très peu dans les plaines et au niveau des affleurements rocheux. Leurs superficies y sont respectivement 0,84% et 1,75% de la surface totale.

Tableau n°8 : Répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques à Kongoussi.


















Unité géomorphologique	Sol nu	
	Superficie (ha)	Superficie (%)
Versant érodé	283,20	14,12
Affleurement rocheux	35,18	1,75
Glacis pente supérieure	1414,97	70,53
Glacis pente moyenne	186,36	9,29
Glacis pente inférieure	69,71	3,47
Plaine	16,88	0,84
Total	2006,30	100



GEOMORPHOLOGIE ET SOLS NUS A KONGOUSSI



LEGENDE

	Affleurement rocheux		Site
	Versant érodé		Localité
	Butte cuirassée		Route départementale
	Butte rocheuse		Route secondaire
	Glacis pente inférieure		Cours d'eau temporaire
	Glacis pente moyenne		
	Glacis pente supérieure		
	Lac bam		
	Plaine		
	Plateau cuirassé		
	Bas-fond		
	Sol nu		

Source: IGB, mission 95241 B

Abdou K. Ouédraogo, Mai 1999

5-1-2 Résultats à Dablo

5-1-2-1 Géomorphologie

La superficie cartographiée couvre 68646,39 ha (Tableau n°9). La carte montre une nette prédominance des glacis pente inférieure qui occupent 42,49% de la superficie totale. Ils sont suivis de loin par les glacis pente moyenne qui eux représentent 28,90% de la surface cartographiée. Les glacis pente supérieure occupent 7227,73 ha, soit 10,53%. Les plaines et les bas-fonds occupent des superficies presque identiques, soit respectivement 4134,85 ha (6,02%) et 4766,45 ha (6,94%).

Les buttes sont dans l'ensemble cuirassées et moins importantes que dans la précédente zone. Elles occupent une superficie de 954,14 ha, soit 1,39% de la superficie totale. Les plateaux sont rarement cuirassés et se rencontrent au sud de la zone avec 1,15% de la surface totale. Le versant érodé et l'interfluve occupent respectivement 0,78% et 1,26% de l'aire cartographiée.

Tableau n°9 : Unités géomorphologiques à Dablo.

Unité géomorphologiques	Superficie (ha)	Superficie (%)
Butte cuirassée	954,14	1,39
Plateau non cuirassé	788,69	1,15
Versant érodé	537,52	0,78
Glacis pente supérieure	7227,73	10,53
Glacis pente moyenne	19836,32	28,90
Glacis pente inférieure	29166,06	42,49
Interfluve	864,17	1,26
Plaine	4134,85	6,02
Bas-fond	4766,45	6,94
Nappe d'eau temporaire	337,84	0,49
Barrage	32,62	0,05
Total	68646,39	100

5-1-2-2 Répartition des sols nus

Les sols nus à Dablo couvrent une superficie de 2870,01 ha, ce qui représente 4,18% de la superficie cartographiée (Tableau n°10). C'est le chiffre le plus important dans toutes les zones étudiées. Le tableau statistique obtenu à partir de la table d'attributs des sols nus, montre que les glacis pente inférieure sont les unités les plus dénudées. On y observe plus de la moitié des surfaces dénudées, soit 55,75%. Les glacis pente moyenne viennent en seconde position avec 23,94% des surfaces dénudées. Au niveau des glacis pente supérieure, on ne note que 9,54%. Ce résultat est presque le même au niveau de l'interfluve avec 9,91%. Le versant érodé ne porte que 0,86% de surface nue.


















Tableau n°10: Répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques à Dablo.

Unité géomorphologique	Sol nu	
	Superficie (ha)	Superficie (%)
Versant érodé	24,77	0,86
Glacis pente supérieure	273,81	9,54
Glacis pente moyenne	687,08	23,94
Glacis pente inférieure	1600,03	55,75
Interfluve	284,32	9,91
Total	2870,01	100

GEOMORPHOLOGIE ET SOLS NUS A DABLO



LEGENDE

- | | |
|---|--|
|  Butte cuirassée |  Site Dablo I |
|  Plateau non cuirassé |  Site Dablo II |
|  Versant érodé |  Localité |
|  Glacis pente supérieure |  Piste |
|  Glacis pente moyenne |  Cours d'eau temporaire |
|  Glacis pente inférieure | |
|  Interfluve | |
|  Plaine | |
|  Bas-fond | |
|  Nappe d'eau temporaire | |
|  Barrage | |
|  Sol nu | |

5-1-3 Résultats à Namissiguima

5-1-3-1 Géomorphologie

La carte élaborée couvre une superficie de 65725,78 ha (Tableau n°11). Comme précédemment, la géomorphologie reste dominée par les glacis pente inférieure. Cette unité représente 37,72% de la superficie totale. Elle est suivie de très près par les glacis pente moyenne avec 30,51% de la superficie totale. Les glacis pente supérieure viennent de très loin avec 6,85%. 11,46% de la zone cartographiée est occupée par les plaines ; c'est le chiffre le plus important de cette unité dans les quatre zones d'étude. Les superficies en bas-fond sont de 3599,26 ha, soit 5,48%, ce qui n'est pas négligeable. Les buttes occupent 3,00% de la superficie totale dont 2,56% par les buttes cuirassées et 0,44% par celles non cuirassées. La superficie occupée par les plateaux est de 3,13%. La plus faible superficie est représentée par les versants érodés avec 1,84%.

Tableau n°11: Unités géomorphologiques à Namissiguima.

Unité géomorphologique	Superficie (ha)	Superficie (%)
Butte cuirassée	1684,60	2,56
Butte non cuirassée	292,39	0,44
Plateau cuirassé	493,46	0,75
Plateau non cuirassé	1564,19	2,38
Versant érodé	1206,85	1,84
Glacis pente supérieure	4505,47	6,85
Glacis pente moyenne	20055,74	30,51
Glacis pente inférieure	24790,08	37,72
Plaine	7533,74	11,46
Bas-fond	3599,26	5,48
Total	65725,78	100

5-1-3-2 Répartition des sols nus

A Namissiguima, les sols nus occupent une superficie totale de 1028,78 ha, soit 1,58% de l'aire cartographiée (Tableau n°12). On les retrouve sur les glacis, les plateaux et dans les plaines. Leur nombre important est remarquable près des cours d'eau. Les superficies les plus importantes se retrouvent au niveau des glacis pente inférieure et des glacis pente moyenne, avec respectivement 43,87% et 38,95% de leur superficie totale. Sur les glacis pente supérieure, ils ne représentent que 2,29%. Cette proportion est presque identique à celle des plateaux (2,90%).

Contrairement aux autres sites, on note une superficie importante de sols nus dans les plaines, soit 123,43 ha, ce qui représente 12,00% des surfaces nues. Ces unités sont régulièrement exploitées du fait de l'humidité qui y est plus favorable que sur les pentes.

Tableau n°12: Répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques à Namissiguima
















Unité géomorphologique	sol nu	
	Superficie (ha)	Superficie (%)
Plateau non cuirassé	29,82	2,90
Glacis pente supérieure	23,51	2,29
Glacis pente moyenne	400,63	38,95
Glacis pente inférieure	451,39	43,87
Plaine	123,43	12,00
Total	1028,78	100



GEOMORPHOLOGIE ET SOLS NUS A NAMISSIGUIMA



LEGENDE

- | | | | |
|---|-------------------------|---|------------------------|
|  | Butte cuirassée |  | Piste |
|  | Butte non cuirassée |  | Cours d'eau temporaire |
|  | Plateau cuirassé |  | Localité |
|  | Plateau non cuirassé |  | Site |
|  | Versant érodé | | |
|  | Glacis pente supérieure | | |
|  | Glacis pente moyenne | | |
|  | Glacis pente inférieure | | |
|  | Plaine | | |
|  | Bas-fond | | |
|  | Sol nu | | |

5-1-4 Résultats à Soubeira

5-1-4-1 Géomorphologie

La surface cartographiée est de 53026,49 ha (Tableau n°13). C'est la zone la plus accidentée après Kongoussi. Les buttes représentent 11,85% de cette superficie dont 3,74% sont occupées par les buttes cuirassées et 8,11% par celles rocheuses. Ces buttes se rencontrent depuis la partie Centre-sud et s'étendent jusqu'au Nord de la zone. Le Sud reste moins accidenté. Les plateaux ici ne sont pas cuirassés et se concentrent plus au sud. Ils couvrent 2,00% de l'aire cartographiée. Les versants érodés ne représentent que 0,95% de cette superficie, alors que l'interfluve identifié au Sud de la zone couvre 2,13%. Cependant, la géomorphologie de la région reste dominée par les glacis pente moyenne (31,44% de la superficie totale), et les glacis pente inférieure (28,59% de la superficie totale). Les glacis pente supérieure viennent en troisième position avec 9712,52 ha, soit 18,32% de la superficie totale. Les plaines et bas-fonds représentent respectivement 1,53% et 2,94% l'aire totale.

Tableau n°13 : Unités géomorphologiques à Soubeira.

Unité géomorphologique	Superficie (ha)	Superficie (%)
Butte cuirassée	1982,74	3,74
Butte rocheuse	4303,26	8,11
Plateau non cuirassé	1060,14	2,00
Versant érodé	503,27	0,95
Glacis pente supérieure	9712,52	18,32
Glacis pente moyenne	16669,68	31,44
Glacis pente inférieure	15160,10	28,59
Interfluve	1129,26	2,13
Plaine	812,11	1,53
Bas-fond	1562,18	2,94
Barrage	131,69	0,25
Total	53026,49	100

5-1-4-2 Répartition des sols nus

Tableau n°14 : Répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques à Soubeira.

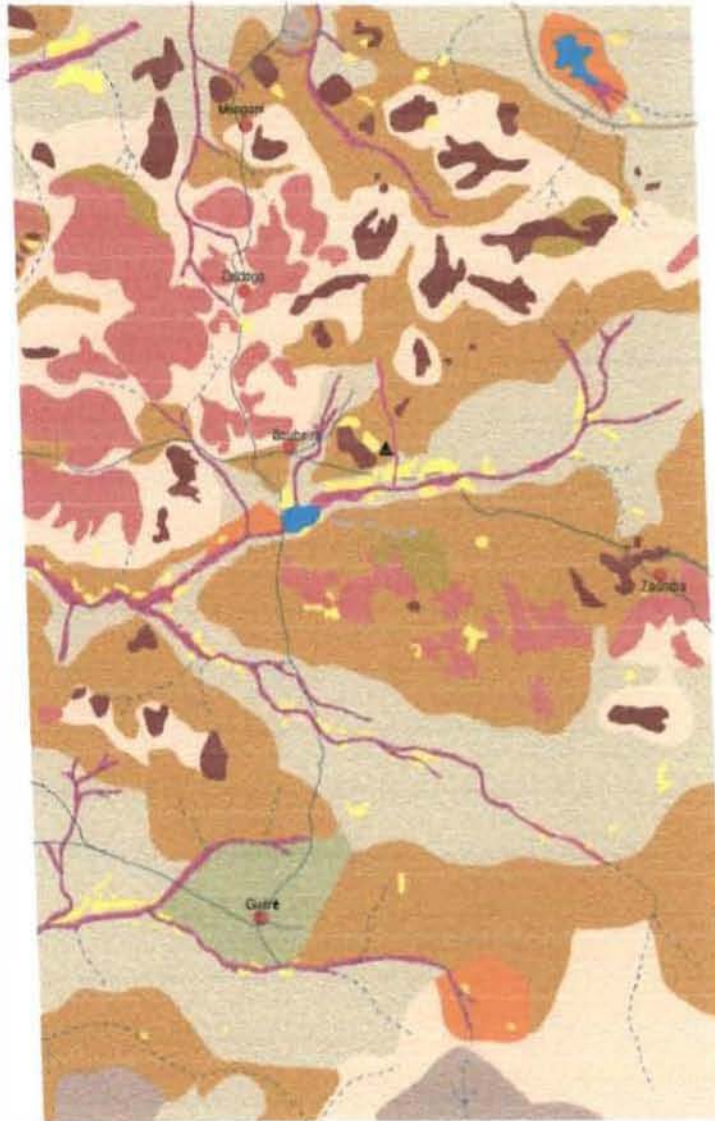
Unité géomorphologique	Sol nu	
	Superficie (ha)	Superficie (%)
Glacis pente supérieure	31,08	3,87
Glacis pente moyenne	189,10	23,56
Glacis pente inférieure	563,11	70,16
Interfluve	8,93	1,11
Plaine	10,38	1,30
Total	802,60	100

A Soubeira, les sols nus couvrent une superficie de 802,60 ha, soit 1,51% de l'aire totale cartographiée (Tableau n°14). Contrairement aux résultats observés à Kongoussi, on note ici plus de sols nus sur les glacis pente inférieure : plus exactement, 70,16% des surfaces dénudées. Les glacis pente moyenne viennent en seconde position avec 23,56% des sols nus, puis les glacis pente supérieure avec 3,87%. Au niveau des plaines et de l'interfluve, on note respectivement 1,30% et 1,11% de surface dénudée.


















La carte géomorphologique montre que les surfaces nues bordent généralement les cours d'eau.



GEOMORPHOLOGIE ET SOLS NUS A SOUBEIRA



LEGENDE

- | | | | |
|---|-------------------------|---|------------------------|
|  | Bas-fond |  | Site |
|  | Butte cuirassée |  | Localité |
|  | Butte rocheuse |  | Route |
|  | Glacis pente inférieure |  | Piste |
|  | Glacis pente moyenne |  | Cours d'eau temporaire |
|  | Glacis pente supérieure | | |
|  | Interfluve | | |
|  | Plaine | | |
|  | Plateau non cuirassé | | |
|  | Versant érodé | | |
|  | Barrage | | |
|  | Sol nu | | |

5-1-5 Discussion

Une comparaison des différents cas montre qu'à Kongoussi, les sols nus sont plus présents sur les glacis pente supérieure (5 à 4%), soit 70,53% de la superficie totale des sols nus. A Soubeira, Dablo et Namissiguima par contre, leur présence est accrue sur les glacis pente inférieure avec respectivement 70,16%, 55,75% et 43,87%. Les pentes sur cette unité varient entre 1 et 2%.

Quatre facteurs principaux expliquent cette situation à travers l'érosion hydrique (COMBEAU, 1977). Il s'agit des caractéristiques pédologiques du sol, de la topographie, du couvert végétal et des techniques culturales. Pour l'instant, un seul de ces facteurs retient notre attention : la topographie.

La pente intervient dans la dégradation des terres par son importance (déclivité), sa longueur et sa forme ; les pertes en terre augmentent de façon exponentielle avec la valeur de la pente (CISSE et TOURE, 1991). Toutes choses égales d'ailleurs, on peut penser que l'augmentation du degré de pente se traduit par un ruissellement accru COMBEAU (1977). Cette pensée est confirmée par des résultats obtenus à Séfa au Sénégal sur pente de 1 et 1,5%.

Tableau n°15: Pertes en terre enregistrées à Séfa (Sénégal) sur pentes de 1 et 1.5%

Année	Culture	P (mm)	Pente 1%		Pente 1,5%	
			Ruissellement (%)	Erosion (t /km ²)	Ruissellement (%)	Erosion (t /km ²)
1955	Sorgho	1340	11,2	698	21,6	1420
1956	Arachide	1148	9,1	305	16,8	433
1957	Riz	1004	21,5	644	20,5	594

Source : Erosion et conservation des sols, ORSTOM 1977.

Cette expérience quand bien même elle a été effectuée dans des conditions climatiques différentes des nôtres montre le rôle du degré de la pente dans la dégradation des terres, mais n'explique pas les résultats que nous avons obtenus.

Une autre expérience réalisée par ROOSE cité par COMBEAU (1977), en basse Côte d'Ivoire à Adiopodoumé sur le ruissellement et les pertes en terre sur pentes de 4,5 à 65% (sol ferrallitique) montre qu'il y'aurait réduction du ruissellement sur sol nu lorsque la pente augmente. De tels résultats sont retrouvés par HUDSON (Rodhésie) et HUESCH (Maroc). Ces résultats sont en contradiction avec la pensée selon laquelle l'augmentation du degré de pente se traduit par un ruissellement accru. COMBEAU (1977) à ce niveau avertit que le facteur pente peut jouer différemment selon les conditions du milieu : en région tropicale,

l'érosion peut être intense sur pente faible (1 à 2%). Cette hypothèse confirme les résultats observés à Soubeira, Dablo et Namissiguima. Cependant, la longueur de la pente semble être le véritable facteur explicatif des résultats observés à Kongoussi et dans les autres sites. Sur pente constante, les quantités d'eau ruisselées sont d'autant plus grandes que l'on se dirige du sommet vers la base du versant, et le risque d'érosion s'accroît d'autant COMBEAU (1977). Ceci est d'autant vrai dans la mesure où à Soubeira, Dablo et Namissiguima, le relief est moins élevé qu'à Kongoussi et les glacis moyens et inférieure très longs, allongent le trajet de l'eau qui gagne en vitesse.

A Kongoussi, le ruissellement commence depuis le flanc des collines dont l'altitude atteint parfois 500 à 515 mètres. Cette observation se vérifie par la présence de très nombreuses rigoles sur ces flancs et dont les dimensions deviennent importantes à mesure que la pente s'allonge. Ici encore la longueur de la pente mais surtout la déclivité expliqueraient la dégradation des sols sur glacis pente supérieure. Dans tous les cas, l'eau de pluie reste le principal agent de destruction des terres dans le Centre-nord : la plupart des sols sont peu profonds et reposent sur un socle de cuirasse de latérite ou de granite, ce qui les rend vulnérables à l'érosion par ruissellement. On estime à 15-20 tonnes /hectare la quantité de sol emportée par ce facteur annuellement dans le Centre-nord (BUNASOLS, 1990).

La répartition des superficies totales cultivées par type de terrain dans le Centre-nord fait ressortir en premier lieu, les glacis-champ de brousse, suivis des glacis-champ de case ou de village, puis les bas-fonds et enfin les versants (BUNASOLS, 1990). La dégradation des sols semble surtout être favorisée par la mise en culture des terres qui laisse saisonnièrement le sol nu. Cette hypothèse renvoie au couvert végétal dont l'importance n'est plus à démontrer dans le processus de régénération des sols et leur protection. Il s'en suit un accroissement de l'intensité de l'érosion ; les sols sont emportés bien plus vite qu'ils n'ont le temps de se reconstituer par leur base. Cette érosion selon TRICART (1962) bien souvent ne se limite pas au sol mais attaque vigoureusement les formations meubles qui les supportent. Une fois le sol liquidée, la végétation recolonise difficilement les roches nues.

5-1-6 Répartition des sols en fonction des unités géomorphologiques

La superposition des cartes géomorphologiques avec la carte pédologique de la zone d'étude (annexe 14) montre que sur les versants érodés, on rencontre des sols peu évolués d'érosion souvent associés à des lithosols sur cuirasse ferrugineuse. Ils sont squelettiques et selon TRICART (1962), n'ont guère le temps d'évoluer et sont peu différenciés de la roche mère. Sur les photographies aériennes, ils présentent un aspect pierreux. Sur les glacis pente supérieure et moyenne, on rencontre le plus souvent le même type de sol, et des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou peu lessivés en superficie moins importante que les premiers. Ils sont plus importants au niveau des glacis pente inférieure. A Kongoussi, sur les glacis pente supérieure et moyenne, on trouve aussi des sols bruns eutrophes. A Dablo et Soubeira, ils sont plus présents sur glacis pente moyenne et inférieure. Des sols bruns eutrophes vertiques sont observés en toutes petites unités à Dablo sur glacis pente moyenne et inférieure. On note par moment au niveau des glacis pente inférieure, quelques superficies de sols hydromorphes à pseudogley associés soit à des sols ferrugineux peu lessivés, soit à des sols bruns eutrophes (Dablo et Soubeira). Ces sols hydromorphes à pseudogley sont majoritairement présents au niveau des plaines et des bas-fonds. Dans les plaines, ils sont le plus souvent associés à des sols ferrugineux peu lessivés sur sable éolien ou sur sable fin.

5-1-7 Conclusion

La géomorphologie de l'ensemble des quatre terroirs reste dominée par les glacis. C'est également sur ces unités que l'on retrouve les superficies les plus importantes des sols dénudés. Ces sols dénudés sont plus accrus sur glacis pente inférieure pour les sites de Dablo, Namissiguima et Soubeira, et sur pente supérieure à Kongoussi. Ces différents cas semblent trouver une explication dans l'importance du relief résiduel et la longueur des glacis.

5-2 ANALYSE DIACHRONIQUE DE L'OCCUPATION DES TERRES ENTRE 1955 ET 1995

5-2-1 Résultats à Namissiguima

L'examen des photographies aériennes de 1955 a mis en évidence, sept unités d'occupation des terres (Tableau n°16). Il s'agit de : champ, jachère, formation ripicole, savane dense, savane claire, sol nu et butte rocheuse ou cuirassées. La distinction entre champ et jachère était possible car, la qualité des prises de vue aériennes le permettait. Mais en 1995, la qualité des prises de vues aériennes n'a pas permis de faire la distinction entre champ jachère. La superficie totale cartographiée est de 48783,33 hectares en 1955 contre 49981,81 hectares en 1995. Cette différence de superficie est imputable au format des prises de vues aériennes qui est différent aux deux dates.

Les champs et les jachères

Ce sont des formations purement anthropiques résultant de l'exploitation des terres. Ils occupaient 13747,09 ha, soit 28,18% de la superficie cartographiée. En 1995, soit quarante ans après, ces unités couvrent une superficie de 34346,00 ha, soit 68,71% de la surface totale. Elle a plus que doublé (2,5 fois la superficie de 1955).

Les formations ripicoles

On les rencontre le long des cours d'eau et dans les endroits marécageux. Elles se présentent généralement en bande de végétation assez dense. Avec une superficie de 1604,62 ha en 1955, soit 3,29% de la superficie totale, elles passent à 495,33 ha en 1995, soit 1% de la superficie totale. 1109,29 ha de formation ripicole ont donc disparu en quarante ans, soit une régression de 2,29%.

La savane dense

Il s'agit en réalité d'une savane arbustive très peu dégradée. Cette unité qui couvrait en 1955 une superficie de 2760,92 ha, soit 5,66% de la surface totale a été réduite de près moitié en 1995 où elle ne représente que 3,33% de la superficie totale cartographiée.

La savane claire

Il s'agit là des savanes arbustives dégradées. C'est l'unité la plus importante en 1955 avec 29686,81 ha, soit 60,85% de la zone cartographiée. En 1995, elle ne vaut plus que 11080,63 ha, ce qui représente 22,17% de la superficie totale. La régression est de l'ordre de 38,68%.

Les sols nus

Ce sont les surfaces dépourvues de végétation, le plus souvent encroûtées et soumises aux phénomènes d'érosion. En 1995, leur superficie est estimée à 919,80 ha, soit 1,84% de la superficie totale contre seulement 75,53 ha en 1955, soit 0,16% de la superficie totale. Entre 1955 et 1995, la superficie des sols nus a été multipliée par 11,5.

Les buttes

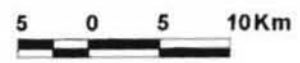
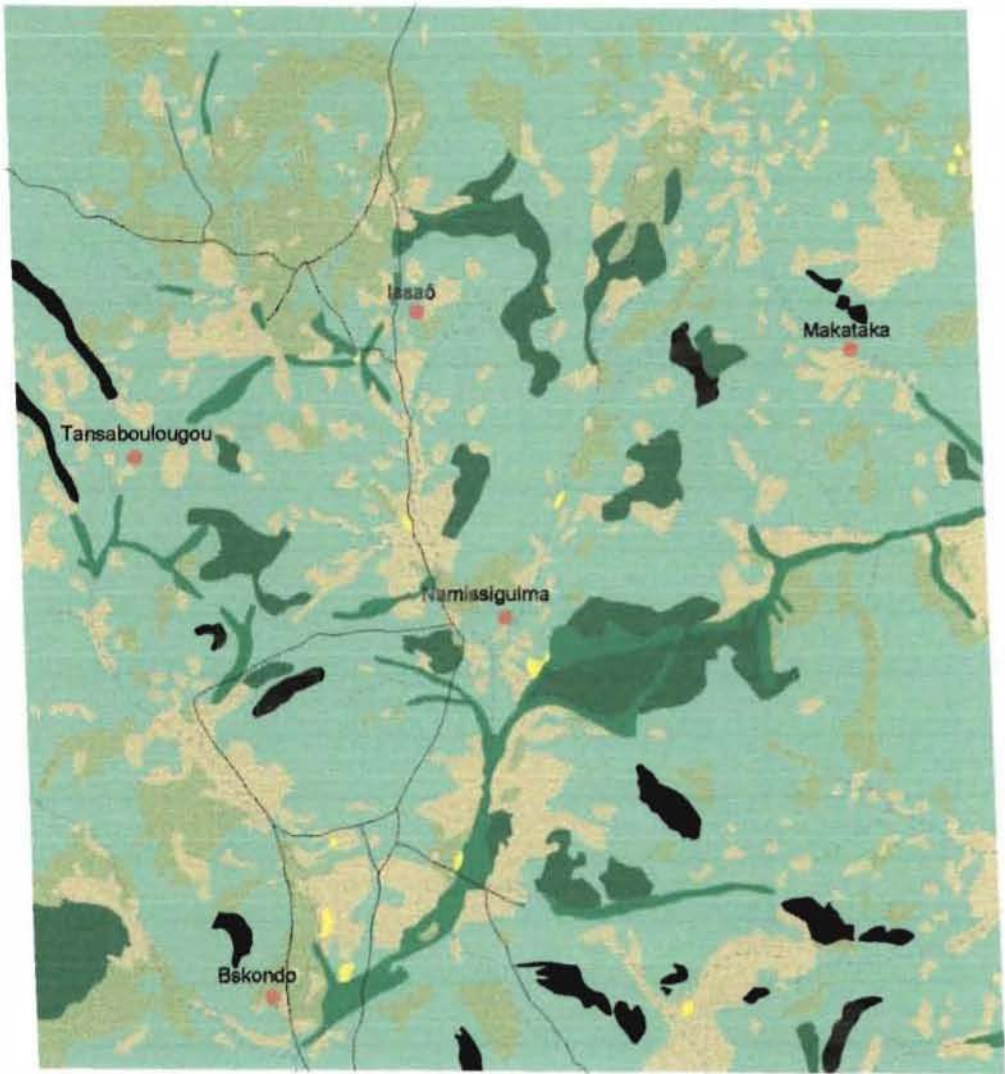
Elles sont des éléments du relief. A Namissiguima, elles sont peu nombreuses, de faible altitude et présentent un sommet généralement plat. Ces unités occupaient une superficie de 905,36 ha en 1955, soit 1,86% de la superficie totale, et 1473,92 ha en 1995, soit 2,95%. Ces unités logiquement ne devraient pas varier en superficie.

Tableau n°16: Evolution des unités d'occupation des terres entre 1955 et 1995 à Namissiguima











Unité d'occupation	1955		1995		Variation (ha)	Variation (%)
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)		
Champ et jachère	13747,09	28,18	34346,00	68,71	20598,91	40,53
Savane dense	2760,92	5,66	1666,25	3,33	-1094,67	-2,33
Savane claire	29686,81	60,85	11080,63	22,17	-18606,18	-38,68
Formation ripicole	1604,62	3,29	495,33	1,00	-1109,29	-2,29
Butte	905,36	1,86	1473,92	2,95	568,56	1,09
Sol nu	75,53	0,16	919,80	1,84	844,27	1,68
Total	48783,33	100	49981,93	100	2045,87	



OCCUPATION DES TERRES A NAMISSIGUIMA EN 1955



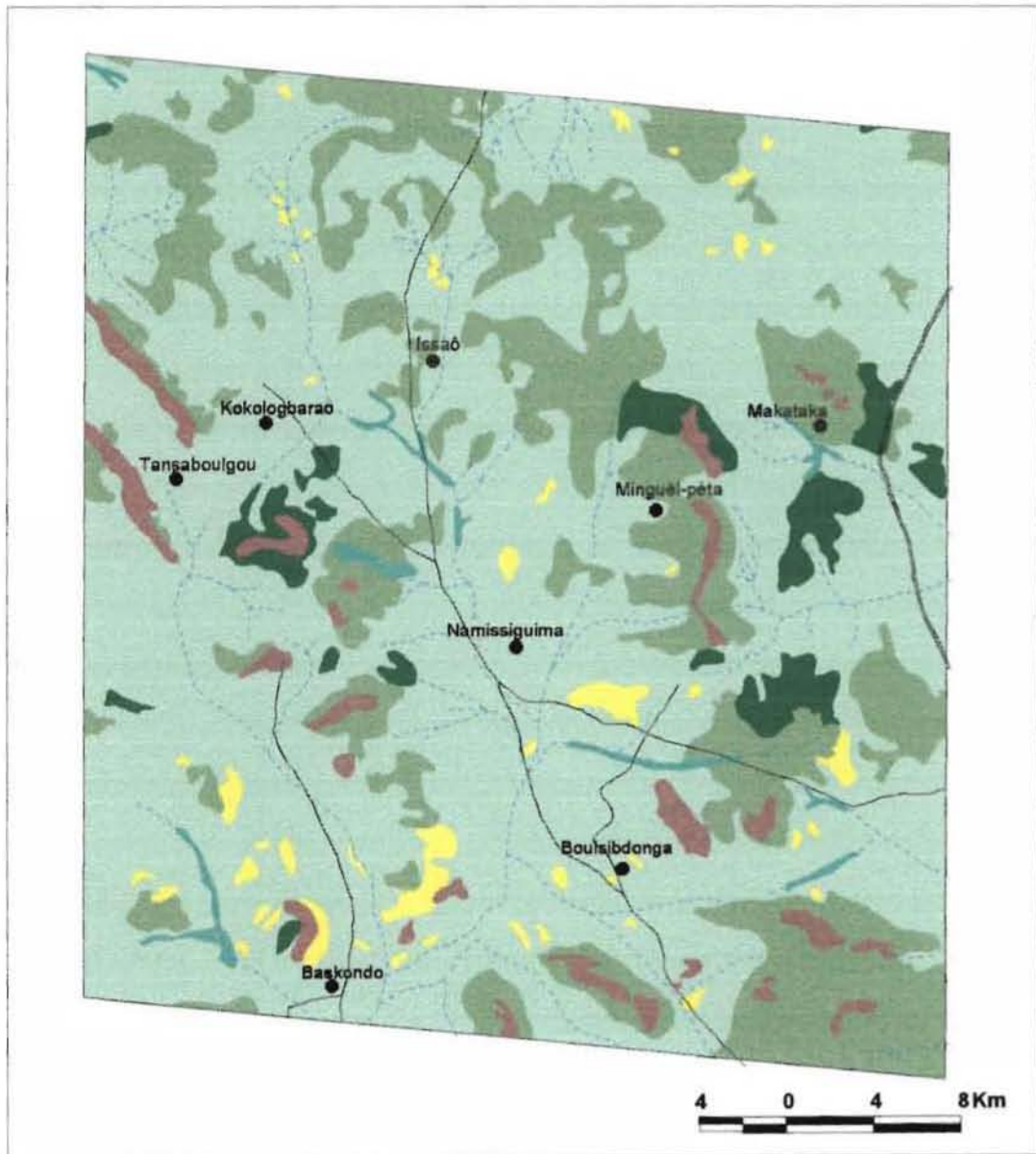
LEGENDE

-  Butte
-  Champ
-  Formation ripicole
-  Jachère
-  Savane claire
-  Savane dense
-  Sol nu
-  Localité
-  Piste
-  Cours d'eau temporaire











PROVINCE DU SANMATENGA



OCCUPATION DES TERRES A NAMISSIGUIMA EN 1995



LEGENDE

- | | | | |
|---|--------------------|---|------------------------|
|  | Butte |  | Localité |
|  | Champ et jachère |  | Route départementale |
|  | Formation ripicole |  | Piste |
|  | Savane claire |  | Cours d'eau temporaire |
|  | Savane dense | | |
|  | Sol nu | | |

5-2-2 Résultats à Kongoussi

Sur ce site, la distinction entre champ et jachère n'a pu être effectuée sur les photographies aériennes aux deux dates. Cependant, sept unités d'occupation des terres ont été recensées en 1955 (Tableau n°17). Ce sont : champ et jachère, savane dense, savane claire, formation ripicole, sol nu, butte et colline, et lac. La carte de 1995 dressée par AHOUANDJINO (1998), (annexe 15) comporte huit unités d'occupation des terres dont sept sont les mêmes que celles de 1955. La huitième unité est représentée par les aménagements hydro-agricoles qui n'existaient pas en 1955. Ici, il faut signaler que les zones cartographiées en 1955 et 1995 ne couvrent pas les mêmes superficies, ce qui n'entrave pas de façon considérable l'analyse diachronique. Cette superficie est 65980,77 ha en 1955 et, 34135,00 ha en 1995.

Les champs et les jachères

Ces unités occupent 55,04% de la zone cartographiée en 1955. En 1995, elles représentent 61,35%, soit un accroissement de 6,33%.

Les formations ripicoles

Entre 1955 et 1995, leur superficie est passé de 7,86% à 11,02%, soit une progression de 3,16%.

La savane dense

Elle couvrait une superficie de 645,12 ha en 1955, soit 0,98% de l'aire cartographiée. En 1995, on ne retrouve plus un seul hectare de cette végétation ; elle a complètement disparu.

La savane claire

Cette formation qui représentait 9,85% de la surface totale en 1955 ne vaut plus que 0,71% de la superficie totale en 1995. La réduction est de 8,87%.

Les sols nus

Leur superficie était de 162,87 ha en 1955 (0,25%) contre 1759,25 ha en 1995 (5,15%). Entre ces deux dates, leur accroissement est de 4,90%, soit 19,6 fois la superficie qu'ils occupaient en 1955.

Les aménagements hydro-agricoles

Ces aménagements n'existaient pas en 1955. En 1995, ils occupent 156,25ha, soit 0,45% de la surface totale. On les retrouve uniquement autour du lac Bam.

Le lac Bam

La surface du plan d'eau est passé de 524,41 ha en 1955 à 659,25 ha en 1995.

Les buttes et collines

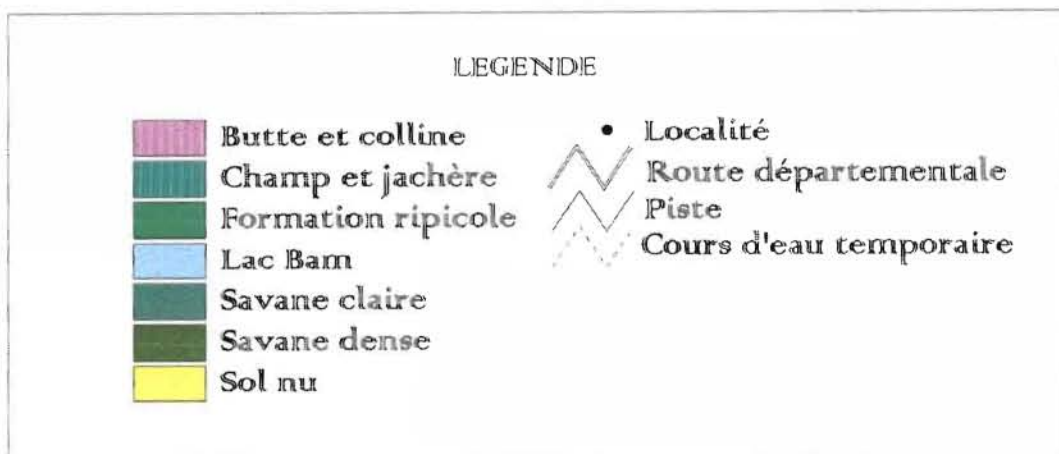
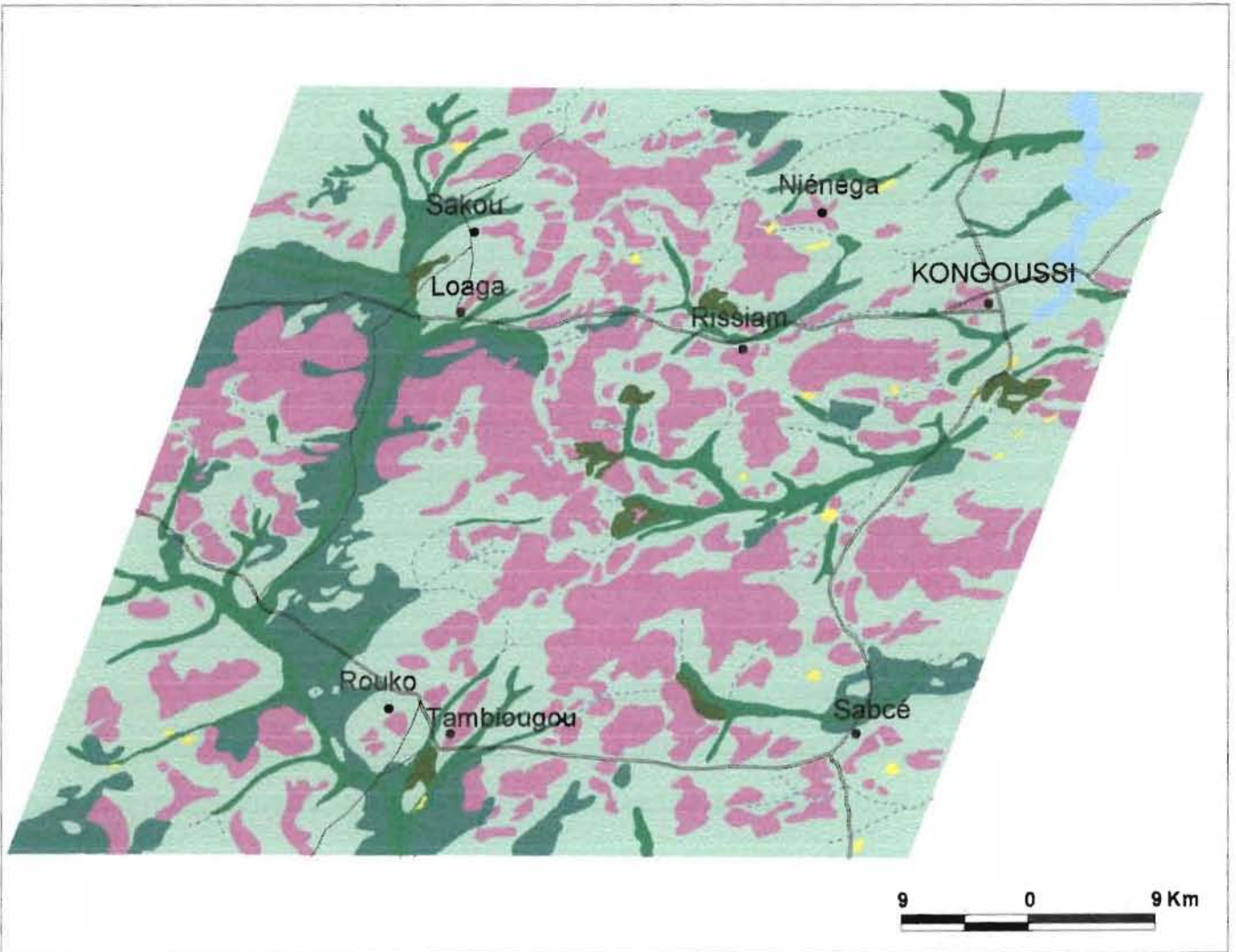
Ils occupent 25,50% de la surface totale cartographiée en 1955 contre 19,35% en 1995.

Tableau n°17 : Evolution des unités d'occupation des terres entre 1955 et 1995 à Kongoussi.

Unité d'occupation	1955		1995		Variation (%)
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	
Champ et jachère	36314,09	55,04	20950,25	61,37	6,33
Savane dense	645,12	0,98	0,00	0,00	-0,98
Savane claire	6323,55	9,58	243,00	0,71	-8,87
Formation ripicole	5187,08	7,86	3762,25	11,02	-3,16
Butte et colline	16822,41	25,50	6604,75	19,35	-60,15
Lac Bam	524,41	0,79	659,25	1,93	1,14
Aménagement hydro-agricole	0,00	0,00	156,25	0,45	0,45
Sol nu	162,87	0,25	1759,25	5,15	4,90
Total	65980,77	100	34135,00	99,98	



OCCUPATION DES TERRES A KONGOUSSI EN 1955



5-2-3 Discussion

L'analyse diachronique de l'occupation des terres entre 1955 et 1995 montre à Namissiguima, un accroissement très important des zones de culture. En quarante années, leur superficie a plus que doublé ; plus exactement, elle a été multipliée par 2,5. Si l'on considère la variation de 40,58% pendant cette période, et que l'extension des zones de culture se fait de manière constante au fil des ans, cela équivaldrait à dire que les zones cultivées augmentent chaque année de 1,03%. A Kongoussi, La superficie de cette unité a augmenté, mais pas de façon très sensible comme à Namissiguima. L'accroissement est de 6,33%. Ce résultat d'une part pourrait s'expliquer par le fait que les buttes et collines très nombreuses à Kongoussi occupent des superficies importantes, limitant ainsi l'extension des zones de culture. D'autre part, les différences qui résident dans la délimitation des zones homogènes en 1955 et en 1995 expliquent aussi ce résultat.

La régression considérable des savanes et des formations ripicoles (43,30% à Namissiguima et 13,46% à Kongoussi) s'expliquerait en partie par la mise en culture des terres. Cette hypothèse semble être vérifiée par l'accroissement des zones de culture qui est de 40,53% à Namissiguima et 6,33% à Kongoussi.

La progression des sols nus plus importante à Kongoussi qu'à Namissiguima (4,90% contre 1,68%) constitue un indicateur de la dégradation des sols. Leur superficie initiale en 1955 a été multipliée respectivement par 11,5 à Namissiguima et 19,6 à Kongoussi. Une observation minutieuse des cartes montrent une extension très importante des sols nus qui existaient en 1955, auxquels se sont ajoutés de nouvelles unités. La conséquence de cette extension est la réduction des terres cultivables, et d'énormes investissements lorsqu'il s'agit de les récupérer.

Les différences de superficie constatées au niveau des buttes et collines, aux deux dates s'expliquent dans le cas de Namissiguima, par le fait que la végétation en 1955 masquait certaines buttes qui ne sont pas perceptibles sur les photographies aériennes. Dans le cas de Kongoussi, en plus de cette raison, il faut évoquer les différences inévitables émanant de la sensibilité de l'interpréteur.

La variation de superficie au niveau du lac Bam résulte des facteurs climatiques mais aussi, de la rigueur observée lors de la photo-interprétation.

5-2-4 Conclusion

La cartographie de l'occupation des terres révèle une dégradation accentuée de l'espace naturel sur chacun des deux sites. Les zones de culture sont en forte progression, de même que les sols nus, tandis que les savanes et formations ripicoles sont en forte régression. L'extension accablante des zones de culture, surtout à Namissiguima semble indiquer l'homme comme un véritable agent de dégradation du milieu naturel.

5-3 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES ETATS DE SURFACE

5-3-1 Les états nus

Ces états de surface sont caractérisés par une croûte ERO très marquée à Loaga, Dablo II et Soubeira. Cette dernière est peu marquée à Niénéga et à Namissiguima. A Dablo I, l'état nu est une véritable terrasse très compacte surmontée par endroit de croûte DEC. A Loaga, la croûte ERO est algair et associée à des croûtes DEC (photo n°1).

5-3-2 Les états végétalisés

Ils sont caractérisés par l'existence en surface de la végétation essentiellement herbacée. Cette végétation entraîne des organisations superficielles d'origine biologique telles les termitières, les tortillons des vers de terre et, les rejets de creusage. Elle est dominée par les espèces herbacées suivantes : *Loudetia togoensis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Ctenium elegans*, *Pennisetum pedicellatum* et, *Cassia italica* au niveau de Niénéga et Soubeira. La photo n°3 présente l'état végétalisé à Dablo I composé essentiellement de *Ctenium elegans* et *Eragrostis tremula*.

5-3-2 Les états de transition

Ce sont les zones intermédiaires entre l'état nu et l'état végétalisé d'un transect. On y retrouve souvent les mêmes espèces herbacées présentes au niveau de la zone végétalisée. La photo n°2 montre l'état de transition à Dablo I. On y observe une croûte DEC au niveau de la partie dénudée, associée à une croûte BIO dans la partie enherbée.

Le tableau n°18 résume la description des trois états de surface sur chaque site.



Photo n°1 : Etat de surface dénudé à Loaga (croûte ERO algaire associée à croûte DEC)



Photo n°2 : Etat de surface transition à Dablo I



Photo n°3 : Etat de surface végétalisé à Dablo I

Tableau n° 18: Description des états de surface sur chaque site.

Site	Etat de surface		
	Nu	Végétalisé (vég)	Transition (trans)
Loaga	<p>Croûte ERO algair, très marquée, associée à des croûtes DEC.</p> <p>Sol ferrugineux tropical lessivé induré profond</p>	<p>Croûte de battance et croûte BIO, Végétation herbacée dominée par <i>Loudetia togoensis</i>, <i>Crotalaria gorensis</i>, <i>Indigofera tinctoria</i>, <i>Schoenefeldia gracilis</i>. Taux de recouvrement, 65%.</p> <p>Sol ferrugineux tropical lessivé modal</p>	<p>Croûte ERO algair en juxtaposition avec les espèces identifiées au niveau de la végétation. Léger dépôt de sable dans la partie enherbée de cet état.</p> <p>Sol ferrugineux tropical lessivé modal</p>
Niénéga	<p>Croûte ERO très peu marquée avec un léger</p> <p>Sol peu évolué d'érosion régosolique</p>	<p>Croûte de battance absente. Végétation herbacée dominée par: <i>Loudetia togoensis</i>, <i>Leptadenia hastata</i>, <i>Ctenium elegans</i>. et <i>Cassia tora</i>. Taux de recouvrement, 50%</p> <p>Sol bru peu évolué</p>	<p>Dépôt de sable plus important q'en zone dénudée. Présence des espèces observées en zone végétalisée, sauf <i>Cassia tora</i> et <i>Leptadenia hastata</i>.</p> <p>Sol brun eutrophe peu évolué à faciès verticale à horizon A décapé</p>
Dablo I	<p>C'est une véritable terrasse très compacte, recouverte par endroit de croûte DEC.</p> <p>Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions</p>	<p>Croûte BIO. Végétation herbacée dominée par <i>Ctenium elegans</i> et <i>Eragrostis tremula</i>. Taux de recouvrement, 50%.</p> <p>Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions</p>	<p>Croûte DEC dans la partie nue et, croûte DEC et BIO dans la partie végétalisée dominée par <i>Pennisetum pedicellatum</i>.</p> <p>Sol ferrugineux lessivé à concrétions</p>
Dablo II	<p>Croûte ERO très marquée avec apport de gravillons.</p> <p>Sol ferrugineux lessivé induré profond</p>	<p>Accumulation de sable provenant de l'amont. Végétation composée de : <i>Loudetia togoensis</i>, <i>Schoenefeldia gracilis</i>, <i>Pennisetum pedicellatum</i>, <i>Ctenium elegans</i>, <i>Leptadenia hastata</i>. Taux de recouvrement, 40%.</p> <p>Sol ferrugineux lessivé induré profond en carapace</p>	<p>Léger dépôt de sable et de gravillon. Végétation identique à celle observée au niveau de l'état végétalisé.</p> <p>Sol ferrugineux lessivé induré profond</p>
Namissiguima	<p>Croûte ERO peu marquée, recouverte par endroit d'un dépôt de sable et gravillon provenant de l'amont.</p> <p>Sol ferrugineux lessivé hydromorphe</p>	<p>Important dépôt de sable atteignant 7cm. Végétation composée essentiellement de <i>Loudetia togoensis</i> et <i>Pennisetum pedicellatum</i>. Taux de recouvrement, 35%</p> <p>Sol hydromorphe à pseudogley</p>	<p>Recouvrement sableux très important (15 cm d'épaisseur).</p> <p>Sol hydromorphe à pseudogley d'ensemble avec</p>
Soubeira	<p>Croûte ERO très marquée avec apport de colluvions.</p> <p>Sol brun eutrophe tropical ferrugineux à faciès hydromorphe à horizon A décapé</p>	<p>Absence de croûte en surface. Végétation composée de <i>Schoenefeldia gracilis</i>, <i>Pennisetum pedicellatum</i>, <i>Cassia minosoïdes</i>. Taux de recouvrement, 40%</p> <p>Vertisol hydromorphe verticale</p>	<p>Apport d'alluvions au niveau de la transition. Végétation composée de <i>Euphobia laeta</i> et des espèces identifiées au niveau de l'état végétalisé.</p> <p>Sol brun eutrophe ferrugineux</p>

5-4 MESURE DE LA PRESSION DANS LE SOL

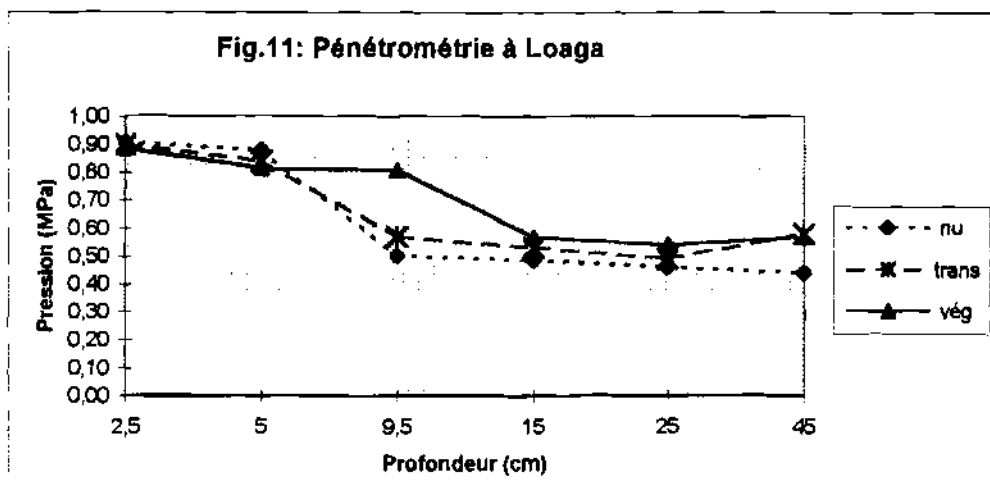
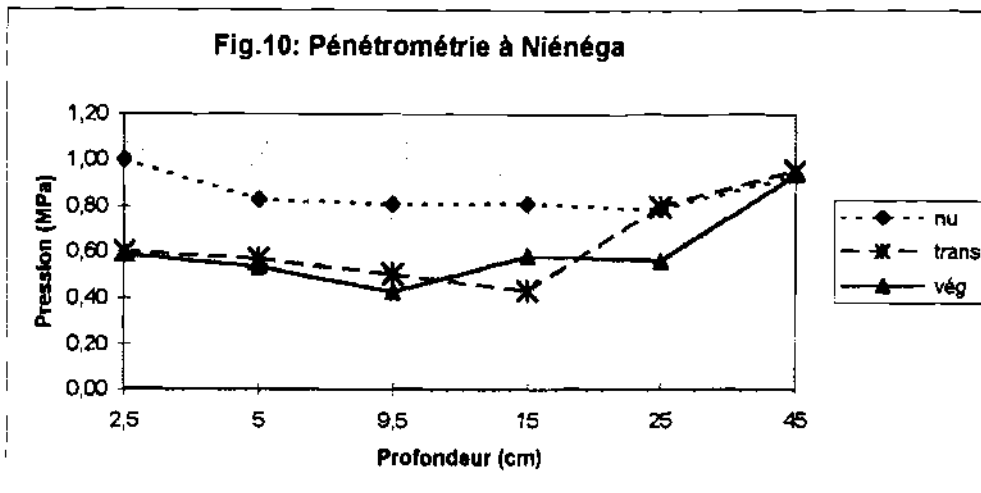
5-4-1 Résultats et discussion

5-4-1-1 Sites de Loaga et Niénéga

Sur le site de Niénéga, l'état nu se distingue nettement des deux autres (végétalisé et transition) par ses valeurs de pression très élevées (0,79 à 1MPa). On y observe une croûte ERO de 4 cm d'épaisseur en surface. La transition elle, se rapproche de l'état végétalisé qui présente les plus faibles valeurs de pression. Cependant, quel que soit l'état de surface, on note une légère baisse de la pression à partir de 5cm de profondeur, suivie d'une remontée très sensible à partir de 9,5cm pour l'état végétalisé, 15cm pour la zone de transition et 25cm pour l'état nu. Au niveau de la zone dénudée, la résistance à la pénétration reste très élevée malgré la baisse de pression constatée. Selon GREACEN et *al.*(1969), la valeur de 0,80 MPa constitue le seuil de tolérance pour la pénétration des racines dans le sol. Au delà de cette valeur, la végétation s'installe très difficilement. Ceci confirme les résultats obtenus sur les différents états de surface dans la mesure où les valeurs obtenues sur l'état nu ne permettent pas l'installation de la végétation. La zone végétalisée composée uniquement d'herbacées présente des valeurs de pression compatibles avec le développement des racines. Cependant, la résistance observée à 45cm de profondeur s'expliquerait par la composition de cet horizon. En effet, la prospection pédologique révèle qu'à partir de 43cm, les horizons inférieurs des profils réalisés sur les trois états de surface sont constitués de graviers, de blocs de schiste et de roches vertes ou de débris de ces roches (annexe 4). Ces différentes roches peuvent constituer un obstacle à la pénétration.

A Loaga, les cinq premiers centimètres de sol quel que soit l'état de surface présentent des valeurs de pression supérieures à 0,80MPa. Elles sont tout de suite suivies par des valeurs compatibles avec le développement des racines pour les états dénudé et de transition sur tout le reste du profil. Cette variation presque brusque de pression pourrait traduire une discontinuité entre l'horizon de 5cm et ceux en dessous. La zone végétalisée présente une résistance élevée à la pénétration (0,81 MPa) jusqu'à 9,5cm de profondeur et subit une baisse par la suite. Cette végétation très dense est en effet constituée d'herbacées et d'arbustes et, selon SOLTNER (1992), la présence de nombreuses racines peut constituer une barrière à la pénétration, ce qui a pour effet d'augmenter la pression. Contrairement aux résultats observés à Niénéga, on remarque que l'état nu à Loaga oppose la résistance la moins élevée sur tout le profil après 5cm de profondeur. La croûte ERO présente en surface semble entretenir en dessous une

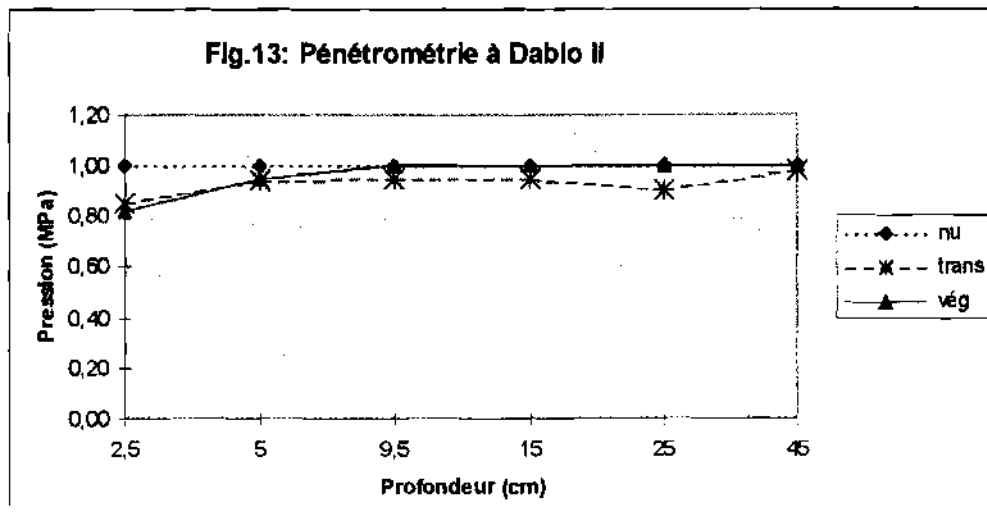
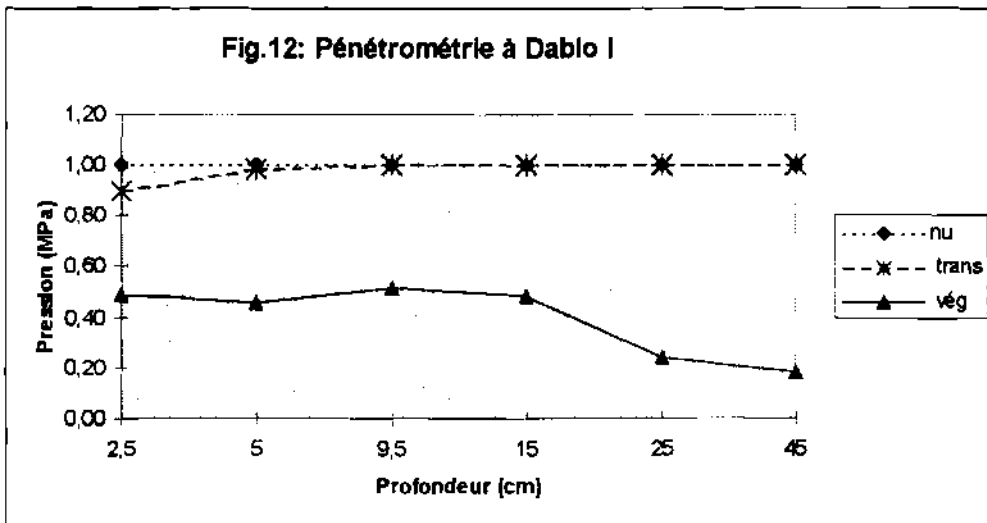
structure favorable au développement des racines. Partant d'un simple constat, cette croûte jouerait un rôle protecteur du sol.



5-4-1-2 Sites de Dablo I et II

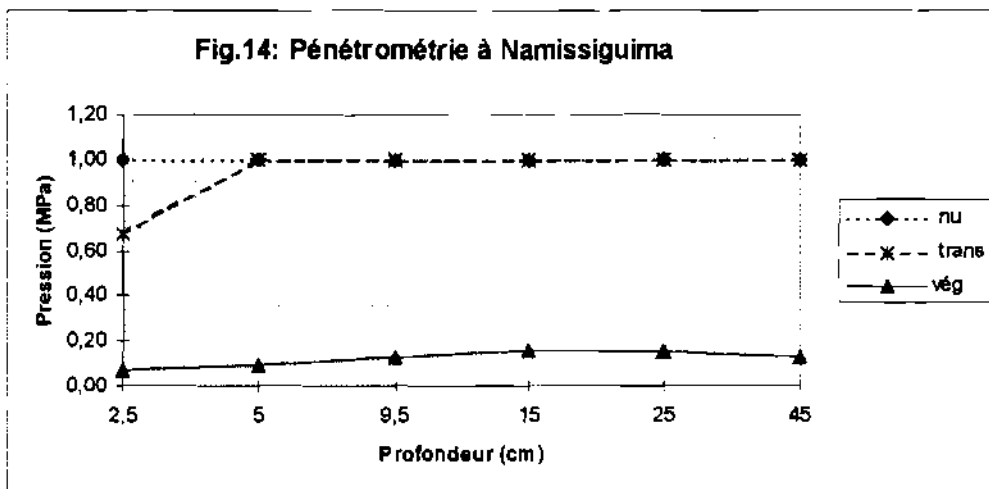
A Dablo I, l'état végétalisé se distingue très nettement des deux autres. Les valeurs de pression variant entre 0,52 et 0,18 MPa sont compatibles au développement de la végétation, constituée d'herbes et d'arbustes. Le dépôt de sable observé en surface de la zone de transition explique la variation de pression observée entre 2,5 et 5cm de profondeur et semble indiquer un état dénudé en recolonisation par la végétation herbacée. Cet état est très voisin de la zone dénudée (superposition des deux courbes) qui reste impénétrable sur toute la profondeur de mesure. Cette zone est une véritable terrasse très compacte où rien ne peut pousser.

Les trois états de surface sont presque identiques à Dablo II. Les pressions sont très élevées et varient entre 0,82 et 1MPa pour la zone végétalisée, 0,86 et 0,98MPa pour celle de transition. La zone dénudée reste impénétrable tout comme à Dablo I. Sur cet état de surface, observe t-on une croûte ERO très bien individualisée et compacte et des dépôts de graviers provenant du démantèlement de la butte cuirassée située en amont du site. Des dépôts de sable sont rencontrés au niveau de la transition et de la zone végétalisée. Les résultats semblent indiquer que le dépôt de sable en aval du site aurait favorisé le développement de la végétation constituée entièrement d'herbacées.



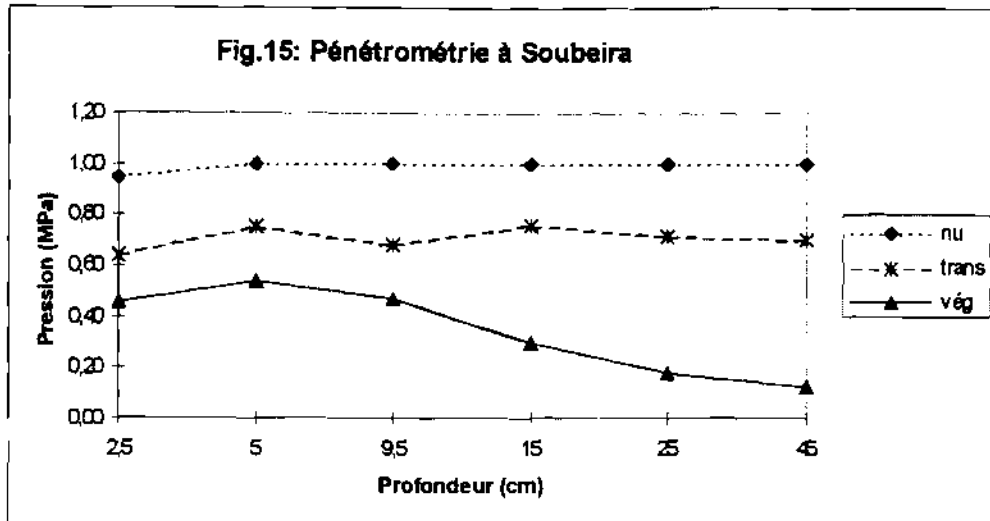
5-4-1-3 Site de Namissiguima

L'état végétalisé sur ce site présente les plus faibles valeurs de pression observées jusque là (0,07 à 0,16MPa). La végétation autour de la fosse est composée d'herbacées, de nombreux arbustes et de quelques arbres (annexe 9). La position topographique de la zone végétalisée est une cuvette permettant l'accumulation de matériaux et l'entretien d'une certaine humidité aussi favorisée par le micro-climat qui y règne. Cette humidité semble être le principal facteur explicatif des pressions observées. MANDO (1997) trouve que la pression dans le sol diminue avec l'humidité croissante et augmente avec la densité apparente. La résistance à la pénétration reste maximale (1MPa) sur la zone nue. Cette dernière est une véritable terrasse compacte avec une croûte ERO peu marquée. On y observe par endroit, des plages recouvertes de gravillons et /ou une fine couche de sable. L'important dépôt de sable au niveau de la transition explique les pressions obtenus entre 2,5 et 5cm de profondeur. Au delà de cette épaisseur, la résistance à la pénétration devient maximale.



5-4-1-4 Site de Soubeira

Les trois états de surface étudiés se distinguent nettement au niveau de ce site. Les plus hautes pressions s'observent au niveau de la zone nue (0,95 à 1MPa). Une croûte ERO très marquée recouvre cette surface. La zone végétalisée présente des valeurs de pression compatibles avec le développement racinaire. Cette zone est située sur un passage d'eau et l'humidité y est encore perceptible au moment des mesures. Cette végétation reste dominée par les herbacées et les arbres utiles. Une comparaison des trois courbes ici, confère à la transition son caractère de transition car, elle ne se rapproche ni de l'état végétalisé, ni de l'état nu. La pression y varie entre 0,64 et 0,76MPa sur toute la profondeur de mesure.



5-4-2 Conclusion

Cette étude montre qu'à Kongoussi, l'état nu sur sol brun eutrophe à Niénéga est très inapte au développement des racines, contrairement à Loaga où, l'état nu sur sol ferrugineux tropical présente des pressions compatibles avec le développement des racines. Cependant, les états végétalisés et de transition restent favorables sur les deux types de sol. Le résultat observé à Loaga sur sol nu est une exception car, sur tous les autres sites, l'état nu présente une très grande inaptitude au développement des racines, donc impropre à l'installation de la végétation. Les états végétalisés partout, sont favorables à l'activité racinaire sauf à Dablo II tandis que, la transition le plus souvent se rapproche de l'état nu.

5-5 CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE DES ETATS DE SURFACE

Ce test rappelons-le avait pour objectif la détermination des caractéristiques hydriques des différents états de surface étudiés. L'étude porte plus précisément sur les problèmes d'infiltration et nous a permis de caractériser les différents états de surface au niveau de leur coefficient d'infiltration et du ruissellement. Trois paramètres décrits par CASENAVE et VALENTIN (1989), sont essentiels ici pour déterminer le coefficient d'infiltration : la pluie totale (Pt), la lame d'eau ruisselée (Lr) et la lame d'eau infiltrée (Li).

En effet, connaissant le débit du simulateur et la durée de la pluie, nous avons calculé la pluie totale (Pt) = Débit x Durée.

Les quantités d'eau recueillies dans les bechers de récupération durant toute la pluie constituent la quantité d'eau ruisselée en millilitre que nous convertissons en millimètre d'eau pour obtenir la lame d'eau ruisselée (Lr). Cette conversion est possible selon le principe suivant extrait du manuel d'utilisation du simulateur : « en condition normale d'infiltration, 1 litre d'eau rependu de façon homogène sur une surface de 1m² équivaut à une lame infiltrée est de 1mm ». Ainsi, pour notre surface qui est de 0,072m², une lame d'eau de 1mm correspond à 72ml. Partant du principe que pendant la pluie, toute eau qui n'est pas recuperée est perdue par infiltration, nous déduisons la lame d'eau infiltrée : Li = Pt – Lr. Connaissant donc ce dernier paramètre, le coefficient d'infiltration (Ki) peut être calculé. En plus de ces trois paramètres, nous avons déterminé le temps d'imbibition (Ti) qui est la période entre le début de la pluie et la cueille de la première goutte d'eau ruisselée, et le ruissellement maximal (R_{max}). Le tableau ci-dessous présente les résultats pour tous les sites d'étude.

5-5-1 Résultats et discussion

Tableau n°19 : Résultat de la simulation de pluie sur les différents sites.

Site	Etat de surface	Paramètres					
		Pt (mm)	Lr (mm)	Li (mm)	Ki (%)	Ti (mn)	R _{max} (mm /mn)
LOAGA	nu	37,8	37,63	0,17	0,45	0,3	6,66
	transition	39,18	33,82	5,36	13,68	0,53	6,11
	végétalisé	39	22,63	16,37	41,97	0,5	4,86
NIENEGA	nu	39	37,78	1,22	3,13	0,5	6,66
	transition	39,42	32,57	6,85	17,38	0,57	5,83
	végétalisé	39,9	25,42	14,48	36,29	0,65	4,72
NAMISSIGUIMA	nu	38,7	37,5	1,2	3,1	0,45	6,66
	transition	39,3	34,03	5,27	13,41	0,55	6,11
	végétalisé	39,42	25	14,42	36,58	0,57	4,72
DABLO I	nu	38,52	37,57	0,95	2,47	0,42	6,53
	transition	38,88	36,53	2,35	6,04	0,48	6,53
	végétalisé	39,18	27,78	11,14	28,43	0,53	5,14
DABLO II	nu	38,52	38,26	0,26	0,67	0,42	6,66
	transition	39,96	36,39	3,57	8,93	0,66	6,39
	végétalisé	40,92	26,6	14,32	35	0,82	5,42
SOUBEIRA	nu	38,01	36,6	1,5	3,95	0,35	6,39
	transition	39,9	36,11	3,79	9,5	0,65	6,53
	végétalisé	40,02	28,33	11,69	29,21	0,67	5,55

Les pluies totales variaient entre 37,8 et 40,02mm et leur durée, entre 6,30 et 6,67mn. Ces variabilités sont dues au fait que nous prenions en compte le temps d'imbibition qui est variable d'un état de surface à un autre. Mais, cela ne constitue pas une contrainte à notre étude dans la mesure où les coefficients d'infiltration calculés sont fonction et de la pluie totale, et de la lame d'eau infiltrée.

Les résultats montrent que les coefficients d'infiltration (K_i) varient entre 0,45 et 3,95% en sol nu, 6,04 et 17,38% en zone de transition et, entre 28,43 et 41,97% en zone végétalisée. Sur chacun des sites, on remarque bien que les sols nus présentent les K_i les plus bas, contrairement aux zones végétalisées où K_i est plus élevé. La couverture du sol par la végétation herbacée à ce niveau varie entre 35 et 50% pour tous les sites, sauf à Loaga où ce taux est de 65% environ. C'est d'ailleurs sur ce site qu'on note le K_i le plus élevé (41,97%). Cependant, on y observe le K_i le plus faible en zone dénudée (0,45%). Ce résultat reflète l'impact de la croûte ERO qui recouvre le sol. Cette croûte rappelle nous lors de la pénétrométrie présentait des pressions très élevées (supérieure à 0,80 MPa) entre 0 et 5cm de profondeur. Mais, une fois la croûte transpercée, les horizons sous-jacents présentaient des pressions favorables. A Niénéga, non loin de Loaga, en sol brun eutrophe, K_i sur sol nu est bien supérieur à celui de Loaga (3,13%). La croûte ERO d'épaisseur 4cm sur ce dernier site est peu marquée. A Soubeira, en sol brun eutrophe également, on observe un K_i de 3,95% (le plus élevé en sol nu). A Namissiguima, le K_i sur sol nu est de 3,1% tandis qu'à Dablo I et Dablo II, il est respectivement de 2,47 et 0,67%. Sur ces trois derniers sites, on ne rencontre que des sols ferrugineux tropicaux. Les K_i obtenus en zone végétalisée sur les différents sites ne montrent pas une différence certaine entre les deux types de sols évoqués plus haut. En zone de transition, les K_i restent intermédiaires entre les états nu et végétalisé mais, beaucoup plus proches des états de surface dénudés. La comparaison du temps d'imbibition obtenu sur les différentes surfaces montre qu'il est plus élevé en zone végétalisée que sur les deux autres ; il est plus faible en zone dénudée.

Ces différents résultats obtenus montrent l'importance des états de surface étudiés dans l'hydrodynamique superficielle des sols. Ces résultats s'ils indiquent une meilleure infiltration en zone dénudée sur sol brun que sur sol ferrugineux tropical, restent élevés en zone végétalisée quel que soit le type de sol. COLLINET et LAFORGUE (1979) montrent qu'en zone de savane sèche où la pluviométrie est comprise entre 400 et 800mm, il n'existe pas de relation nette entre l'aptitude au ruissellement et les organisations pédologiques internes ; en revanche, les états de surface semblent déterminants pour l'hydrodynamique superficielle. En effet, nos

résultats montrent que les zones végétalisées présentent des Ki élevés, très bien supérieurs (7 à 10 fois) à ceux obtenus en zone dénudée où la croûte semble limiter l'infiltration. A ce sujet, CASENAVE et VALENTIN (1989) montrent qu'en zone sahélienne, les sols pauvres en matière organique et mal protégés par une végétation peu développée ont tendance sous l'effet des fortes intensités pluviales (150 à 200mm /h en 5mn et, de 60 à 70mm /h pendant 30mn), à subir des réorganisations superficielles importants qui limitent l'infiltration. En effet, la formation des croûtes sous l'action des pluies entraîne une réduction de l'infiltration qui accroît les risques de ruissellement et d'érosion. Par le colmatage d'une surface de sol initialement poreux, la formation d'une pellicule imperméable et dure modifie les caractéristiques des sols en créant une sorte de voile entre la surface et les horizons sous-jacents (ZOUGMORE, 1991). La couverture du sol, plus particulièrement la strate herbacée et les résidus végétaux constituent la protection la plus efficace du sol ; elle doit être en zone sahélienne considérée comme l'un des facteurs conditionnels essentiels des états de surface (CASENAVE et VALENTIN, 1989). Le couvert végétal en effet limite l'effet abrasif des pluies et des vents et, avec les résidus végétaux, ils favorisent le développement de la mésofaune à laquelle est liée la porosité du sol. Nos résultats sont aussi confirmés par ceux de ALBERGEL et *al.*(1986) obtenus sur 48 parcelles au Burkina Faso. Leurs résultats montrent clairement que le pourcentage du couvert végétal auquel est liée l'activité mésofaunique est le principal facteur explicatif de l'infiltration. Selon CASENAVE et VALENTIN (1989), une autre étude effectuée sur 83 parcelles de la zone sahélienne montre que trois variables (pourcentage du couvert végétal, activité faunique et réorganisation de surface) suffisent à expliquer significativement le coefficient d'infiltration mesuré sous pluies simulées, pour la zone de pluviométrie inférieure à 800mm.

5-5-2 Conclusion

Les zones dénudées sur sol brun eutrophe et celles sur sol ferrugineux tropicaux ne présentent pas la même aptitude à l'infiltration. Le coefficient d'infiltration même s'il est très faible en sol nu révèle une supériorité des sols bruns. En zone de végétation, le couvert végétal semble être le principal facteur explicatif de l'infiltration.

5-6 ANALYSES GRANULOMETRIQUES ET CHIMIQUES

La séparation des particules a concerné les trois fractions suivantes : argile, limon et sable exprimés en pourcentage. Les résultats nous ont permis de déterminer la texture des sols au niveau des états de surface à l'aide du triangle USDA. La texture d'un sol rappelons-le, influe aussi bien sur les propriétés physiques que chimiques et biologiques de celui-ci. Par exemple, la perméabilité, l'aération, l'aptitude à l'ameublissement ou au tassement, la capacité de rétention en eau et la capacité d'échange cationique dépendent de la texture.

Le stock chimique est l'un des éléments essentiels quant à la fertilité des sols et, explique par moment, les réorganisations superficielles.

- L'azote (N) dans le sol ne provient pas de la dégradation des roches mais, de sources diverses telle l'atmosphère (orages, bactéries fixatrices d'azote) ou des matières organiques. Il reste un élément essentiel dans la croissance végétative des plantes.
- Le phosphore (P) peut être fortement présent dans un sol, mais son assimilation par les végétaux est influencée par le pH du milieu. SOLTNER (1992) montre en effet que l'assimilation du P est facilitée entre pH 5,5 et 7 car en ce moment, il est faiblement fixé par l'argile. En dessous de pH 5,5, le P est énergiquement fixé par le fer et l'alumine et est difficilement libéré. Au dessus de pH 7, il forme avec le calcium, du phosphate insoluble.
- Le potassium (K) lorsqu'il est abondant dans un sol en l'absence de calcium, disperse l'argile. Au niveau des végétaux, il contribue au maintien de la pression osmotique intracellulaire à travers la régulation stomatique.
- Le calcium (Ca) est l'ion flocculant par excellence de l'humus et du complexe argilo-humique. Il contribue à la baisse du pH du milieu et intervient dans l'amélioration de la fertilité du sol.
- Le sodium (Na) lorsqu'il est en excès en présence d'eau salée floccule l'argile mais, en présence d'eau douce (pluie par exemple), l'argile sodique est fortement dissociée. Le Na agit sur l'eau pour former de la soude qui rend le milieu alcalin et, l'argile disperse (SOLTNER, 1992).
- La prédominance de magnésium (Mg) dans un sol serait défavorable à l'état de l'argile en absence de calcium. Mais, dans le sol, le calcium est pratiquement toujours plus abondant que le magnésium.
- Le pH d'un sol mesure la teneur en ions H_3O^+ dans une solution de ce sol. Plus le pH est

bas, plus le sol est pauvre en bases échangeables. Le pH intervient dans certaines propriétés chimiques du sol en permettant la dissolution de certains corps qui libèrent ainsi des éléments nutritifs pour les plantes. Certaines valeurs de pH peuvent contribuer à la formation d'autres corps qui emprisonnent et empêchent l'utilisation de certains éléments.

$\Delta\text{pH} = \text{pH}_{\text{eau}} - \text{pH}_{\text{KCl}}$ représente l'acidité potentielle qui mesure la fraction de protons H^+ restée fixée sur le complexe adsorbant quand le solvant est l'eau. Selon SOLTNER (1979), lorsque les valeurs de l'acidité potentielle diffèrent de celles de l'acidité actuelle d'une unité, le sol en question peut être considéré comme étant potentiellement acide. Une forte valeur positive de l'acidité potentielle indique que le sol concerné a une capacité d'échange cationique relativement très supérieure à la capacité d'échange anionique (BAIZE, 1988).

5-6-1 Résultats à Loaga et Niénéga

Tableau n°20: Analyse granulométrique à Loaga et Niénéga

		A %	L %	S %	Texture
Loaga	Nu	9,80	22,27	67,93	LS
	Trans	10,74	23,57	65,69	LS
	Vég	6,82	27,49	65,69	LS
Niénéga	Nu	11,76	11,77	76,47	LS
	Trans	17,64	11,77	70,59	LS
	Vég	19,60	13,73	66,67	LS

Tableau n°21 : Analyses chimiques à Loaga et Niénéga

		N‰	P‰	K(ppm)	Ca(ppm)	Na(ppm)	Mg(ppm)	pHeau	pHKCl	ΔpH
Loaga	Nu	0,47	1,52	1194	730	297	336	4,9	3,8	1,1
	Trans	0,26	1,11	1264	430	302	161	5,5	4,1	1,4
	Vég	0,47	1,21	1054	570	252	214	5,7	4,2	1,5
Niénéga	Nu	0,27	2,03	1017	4323	570	1098	6,9	5,0	1,9
	Trans	0,37	2,33	2101	4715	633	2.263	6,3	4,7	1,6
	Vég	0,50	2,00	2364	5722	553	1474	6,9	5,1	1,8

La granulométrie trois fractions montre qu'à Loaga, les états nu et transition sont plus argileux que l'état végétalisé. On note un plus fort pourcentage de limon au niveau de la zone végétalisée (27,49%), et de sable (67,93%) au niveau de la zone dénudée. La texture est limono-sableuse sur les trois états de surface.

Les analyses chimiques montrent que les trois états de surface à Loaga sont très pauvres en azote. Cependant, les états nus et végétalisé présentent la même teneur en azote,

soit 0,47‰. Les teneurs en phosphore restent moyenne dans l'ensemble pour les états végétalisé et transition, tandis que l'état nu est riche en cet élément. Cet état de surface présente les teneurs les plus élevées en calcium et magnésium. Le potassium est légèrement plus important en zone de transition qu'en zone dénudée, la plus faible valeur s'observant pour la zone végétalisée. Sa teneur est moyenne sur l'ensemble des trois états de surface.

La mesure de l'acidité actuelle montre que le pH est très fortement acide en zone nue, fortement acide pour la transition et, moyennement acide pour la zone végétalisée. L'acidité potentielle reste forte pour tous les trois états de surface.

A Niénéga, les proportions d'argiles sont bien plus élevées qu'à Loaga, ce qui confirme la tendance plus argileuse de ce dernier site par rapport à celui de Loaga. L'état végétalisé reste le plus argileux et le plus limoneux. Par contre, l'état nu est beaucoup sableux. La texture cependant reste limono-sableuse pour tous les trois états de surface, tout comme à Loaga.

Les analyses chimiques révèlent que même si le meilleur taux d'azote s'observe pour la zone végétalisée, cette dernière reste pauvre. Contrairement aux résultats observés à Loaga, les trois états de surface à Niénéga sont riches en phosphore (2 à 2,3‰), la transition présentant la valeur la plus élevée, suivie de l'état nu. Les teneurs en potassium restent élevées pour les états végétalisé et de transition (2964 et 2101 ppm), et moyenne au niveau de l'état nu. Comme à Loaga, la transition suivie de l'état nu contient plus de sodium. De même, la transition est mieux fournie en magnésium. Le pH est neutre au niveau des états de surface nu et végétalisé, alors qu'il est faiblement acide au niveau de la transition. L'acidité potentielle reste forte sur l'ensemble des états de surface.

Une comparaison de résultats chimiques obtenus sur ces deux sites de Kongoussi permet de dire que les teneurs en cations de réserve sont plus importantes à Niénéga qu'à Loaga. De même, le pH est nettement plus favorable sur le premier site.

5-6-2 Résultats à Dablo I et II

Tableau n°22 : Analyse granulométrique à Dablo I et II

		A %	L %	S %	Texture
Dablo I	Nu	11,76	5,88	82,36	SL
	Vég	7,84	9,80	82,36	SL
Dablo II	Nu	17,64	15,69	66,67	LS
	Vég	5,88	9,80	84,32	SL

Tableau n°23 : analyses chimiques à Dablo I et II

		N ‰	P ‰	K(ppm)	Ca(ppm)	Na(ppm)	Mg(ppm)	pHeau	pHKCl	ΔpH
Dablo I	Nu	0,35	0,81	1510	519	382	512	4,9	3,6	1,3
	Vég	0,43	1,45	1313	778	356	380	5,5	4,3	1,2
Dablo II	Nu	0,36	1,10	985	1731	382	516	5,5	4,6	0,9
	Vég	0,11	0,78	322	852	198	418	6,4	5,1	1,3

Les prélèvements d'échantillons sur les sites de Dablo n'ont concerné que les états nu et végétalisé.

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que même si les deux états de surface à Dablo I ont les mêmes proportions de sable, l'état nu reste plus argileux mais moins limoneux que celui végétalisé. La texture cependant reste limono-sableuse pour les deux états de surface. A Dablo II, l'état nu est aussi très argileux mais plus limoneux et moins sableux. La texture y est aussi limono-sableuse et, sablo-limoneuse au niveau de la zone végétalisée.

Du point de vue chimique, les deux états de surface à Dablo I sont très pauvres en azote ; cependant, le taux est légèrement plus important en zone végétalisée. Ce dernier état de surface a un taux moyen en phosphore alors que le nu en est pauvre. Les teneurs en potassium, sodium et magnésium demeurent plus importants en zone dénudée qu'en zone de végétation. Tous les deux états de surface ont une teneur moyenne en potassium. L'acidité est très forte en zone nue, et forte en zone végétalisée. L'acidité potentielle reste forte sur les deux états de surface. A Dablo II également, les deux états de surface sont très pauvres en azote. Par contre, le nu est moyennement riche en phosphore tandis que le végétalisé reste pauvre. Quant aux teneurs en potassium, calcium, sodium et magnésium, elles sont plus basses en zone de végétation. Le pH y est fortement acide et, très fortement acide en zone dénudée. L'acidité potentielle elle, est moyenne en zone nue mais, forte au niveau de l'état végétalisé.

5-6-3 Résultats à Namissiguima

Tableau n°24 : Analyse physique à Namissiguima

		A %	L %	S %	Texture
Namissiguima	Nu	19,60	13,73	66,67	LS
	Vég	5,88	7,84	86,28	SL

Tableau n°25 : Analyses chimiques à Namissiguima

		N‰	P‰	K(ppm)	Ca(ppm)	Na(ppm)	Mg(ppm)	pHeau	pHKCl	ΔpH
Namissi-guima	Nu	0,46	3,20	4727	1761	1107	342	4,5	3,9	0,6
	Vég	0,56	1,69	1773	782	488	595	5,8	4,7	1,1

Sur ce site également, les prélèvements n'ont concerné que les états nu et végétalisé. De l'analyse physique, il ressort que l'état nu contient plus d'argile et de limon que celui végétalisé qui est beaucoup sableux. La texture est limono-sableuse pour le premier état de surface et, sablo-limoneuse pour le deuxième. D'après les analyses chimiques, la zone végétalisée est pauvre en azote mais, riche en phosphore. L'état nu par contre est très pauvre en azote mais, riche en phosphore. Le potassium, le calcium et le sodium y sont plus élevés. La teneur en potassium est respectivement très élevée en zone nue, et moyenne en zone végétalisée. La mesure de l'acidité actuelle montre qu'elle est très forte en zone nue et moyenne en zone végétalisée. L'acidité potentielle par contre est moyenne sur l'état dénudé et forte en zone de végétation.

5-6-4 Résultats à Soubeira

Tableau n°26 : Analyse physique à Soubeira

		A %	L %	S %	Texture
Soubeira	Nu	10,5	22,83	66,67	LS
	Trans	17,64	28,16	54,2	LS
	Vég	23,52	22,28	54,2	LAS

Tableau n°27: Analyses chimiques à Soubeira

		N‰	P‰	K(ppm)	Ca(ppm)	Na(ppm)	Mg(ppm)	pHeau	pHKCl	ΔpH
Soubeira	Nu	0,29	0,93	2529	380	493	357	7,4	5,1	2,3
	Tr	0,79	2,05	2626	5316	751	1424	5,3	4,3	1,0
	Vég	1,56	3,32	3677	9933	909	2535	6,4	5,5	0,9

La granulométrie trois fractions indique un état nu moins argileux mais le plus sableux. L'argile est plus importante en zone de végétation. Le limon lui, est dominant en zone de transition ; les proportions en ce matériau sont presque identiques pour les deux autres états de surface. La texture est limono-argilo-sableuse en zone de végétation, limono-sableuse au niveau des deux autres états de surface. Au niveau des analyses chimiques, on remarque bien que l'état végétalisé est riche en azote, la transition pauvre et le nu très pauvre. Les teneurs en potassium, calcium, sodium et magnésium sont nettement plus élevées en zone végétalisée

qu'en zone nue ; les valeurs au niveau de la transition restent intermédiaires entre les deux premiers états de surface. Toutefois, les teneurs en potassium restent élevées pour les trois états de surface. Le pH est légèrement alcalin en zone dénudée, faiblement acide en zone végétalisée, et fortement acide au niveau de la transition. L'acidité potentielle elle, est moyenne sur les états végétalisé et transition et, forte en zone dénudée.

5-6-5 Conclusion

De l'analyse granulométrique, il ressort que les sols ferrugineux tropicaux (Loaga, Namissiguima, Dablo I et II) sont moins argileux que les sols bruns eutrophes (Niénéga et Soubeira). Quant aux états de surface, les proportions d'argile et de sable sont plus élevées en zone dénudée, tandis que les limons sont plus importants en zone végétalisée. Concernant les argiles, leur proportions généralement plus élevées en zone dénudée favoriserait l'encroûtement observé sur ces états de surface. L'argile en effet peut se présenter sous deux formes : dispersée ou floculée. Dispersée par les gouttes de pluie, l'argile tend à remplir les espaces vides autour des éléments sableux, perdant ainsi son aptitude à souder les agrégats. Les pluies auront donc tendance à dégrader la structure de surface qui se transforme en nappe continue ; le sol prend une structure compacte, asphyxiante, défavorable à la vie des racines et des microbes et, difficile à travailler.

Tous les états de surface quel que soit le site (le type de sol), sont pauvres ou très pauvres en azote, sauf l'état végétalisé de Soubeira qui est riche en cet élément. Cependant, malgré cette pauvreté en azote, les valeurs les plus élevées proviennent des zones végétalisées. La situation est tout à fait l'inverse pour le phosphore ; les différents états de surface en sont moyennement riches à très riches. Les meilleurs teneurs sont obtenus en sols bruns eutrophes. A l'échelle des états de surface, les zones végétalisées sont légèrement mieux fournies en phosphore que celles dénudées. Excepté Dablo I, les teneurs en potassium sur tous les autres sites sont moyennes à très élevées avec toutefois des teneurs presque homogènes, toutes élevées en sol brun. Les sols ferrugineux tropicaux sont pauvres en calcium, contrairement aux sols bruns qui en sont assez pourvus. Les teneurs en sodium sont en moyenne plus élevées en zone dénudée qu'en zone végétalisée (538,83ppm contre 459,33ppm). Le magnésium par contre est en moyenne plus important en sol nu que sur sol végétalisé.

Les mesures de l'acidité montrent que les sols bruns (à Niénéga et Soubeira) présentent un pH faiblement acide à neutre, contrairement aux sols ferrugineux tropicaux où le pH est

fortement à très fortement acide. Le pH au niveau des sols bruns semble favorable à l'assimilation du phosphore. Les états de surface comparés entre eux montrent que les pH très fortement acide sont caractéristiques des sols dénudés. Il est moyennement acide en zone et faiblement acide en zone de végétation.

L'acidité potentielle reste forte dans l'ensemble ; elle est davantage forte en sol brun (1,963 à Niénéga et 2,33 à Soubeira).

5-7 RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES ETATS DE SURFACE

Tableau n°28: Synthèse de la caractérisation des états de surface.

Etat de Surface	Observations superficielles	Pression (pénétrométrie)	Infiltration (simulation pluie)	Texture	Teneurs en éléments totaux et acidité
NU	-croûte ERO peu ou très marquée en surface -véritable terrasse à Dablo I recouverte par endroit de croûte DEC	-très élevée, supérieures à 0,80MPa, inapte au développement des racines. Cas particulier à Loaga	$0,45\% \leq Ki \leq 3,95\%$ $0,30\text{mm} \leq Ti \leq 0,50\text{mm}$ $6,39\text{mm/mn} \leq R_{\text{max}} \leq 6,66\text{mm/mn}$	Limono-sableuse	-N : très pauvre -P : riche -K : élevé -Ca : -Na : -Mg : pH : moyennement acide -acidité potentielle : forte
VEG	-végétation essentiellement herbacée dominée par : <i>Loudetia togoensis</i> , <i>Schoenefeldia gracilis</i> , <i>Ctenium elegans</i> , <i>Pennisetum pedicellatum</i> . -taux de recouvrement varie entre 35 et 50%, sauf à Loaga où il est de 65%	-valeurs de pression compatibles avec le développement racinaire, sauf à Dablo II.	$28,43\% \leq Ki \leq 41,97\%$ $0,5\text{mm} \leq Ti \leq 0,82\text{mm}$ $4,72\text{mm/mn} \leq R_{\text{max}} \leq 5,55\text{mm/mn}$	Limono-sableuse	-N : pauvre -P : riche -K : moyen -Ca : -Na : -Mg : pH : faiblement acide -acidité potentielle : forte
TRANS	-la croûte observée sur l'état nu est juxtaposée à la végétation déjà identifiée -à Dablo I, Soubeira et Namissiguima, la croûte n'est pas visible du fait d'un recouvrement sableux.	-pressions en moyenne proches de l'état nu et parfois, se confondent à ce dernier.	$6,04\% \leq Ki \leq 17,3\%$ $0,48\text{mm} \leq Ti \leq 0,66\text{mm}$ $5,83\text{mm/mn} \leq R_{\text{max}} \leq 6,53\text{mm/mn}$	Limono-sableuse	-N : très pauvre -P : riche -K : moyen -Ca : -Na : -Mg : pH : moyennement acide -acidité potentielle : forte

CONCLUSION GENERALE

Les résultats acquis dans le cadre de cette étude proviennent non seulement de l'interprétation des photographies aériennes mais aussi, de tests et analyses effectués sur les différents états de surface retenus. L'interprétation des photographies aériennes nous a permis d'établir deux types de cartes : des cartes géomorphologiques comportant les sols nus, pour les quatre zones d'étude, et des cartes d'occupation des terres pour les zones de Namissiguima et de Kongoussi.

Si toutes les deux catégories de cartes ont permis un examen de l'ampleur de la dégradation dans les terroirs du Centre-nord (Kongoussi, Dablo, Namissiguima et Soubeira), nous retenons que la première particulièrement a permis d'apprécier l'impact du relief dans le phénomène de la dégradation des terres. Elle a montré que dans les terroirs où les reliefs résiduels sont moins élevés en altitude, et où les surfaces fonctionnelles restent dominées par les glacis, les sols dénudés sont majoritairement présents respectivement sur les glacis pente inférieure et pente moyenne. Lorsque les reliefs résiduels sont très élevés comme c'est le cas à Kongoussi, la dégradation des sols est davantage accélérée respectivement sur les glacis pente supérieure et, sur les versants érodés.

La deuxième catégorie de cartes a permis une analyse diachronique de l'occupation des terres sur une période de quarante années (1955-1995). Cette étude a révélé un accroissement très important des sols nus et des zones de culture, pendant qu'au même moment, on assiste à une régression considérable des savanes et formations ripicoles ; elle semble indiquer l'homme comme un véritable agent de la dégradation des terres.

Les tests de pénétrométrie, les essais de simulation de pluie et, les analyses granulométriques et chimiques ont permis une caractérisation des états de surface nu, végétalisé et transition sur chacun des transects réalisés sur les sites d'étude. Les états nus tous, sont caractérisés en surface par une croûte ERO peu ou très marquée, excepté celui de Dablo I. La pénétrométrie sur ces états de surface montre qu'ils sont impropres au développement des végétaux, ce qui confirme l'état très dégradé de ces sols. En zone végétalisée par contre, les pressions sont dans l'ensemble favorables à l'activité racinaire, tandis que les zones de transition le plus souvent se rapprochent de l'état dénudé. Les paramètres hydrodynamiques mesurés lors des essais de simulation de pluies ont non seulement mis en évidence l'impact des croûtes sur l'hydrodynamique à la surface des sols, mais aussi

rappèlent le rôle important que joue la végétation dans l'aptitude du sol à l'infiltration de l'eau. La présence de ces croûtes sur les sols nus limite l'infiltration et accroît le ruissellement.

Les analyses granulométriques révèlent des teneurs en argile plus importantes en sol nu et de transition, et des teneurs en limon plus élevées en zone végétalisée. La texture dans l'ensemble reste limono-sableuse pour tous les états de surface. Des analyses chimiques, il ressort que tous les états de surface sont très pauvres ou pauvres en azote. Cependant, les teneurs les plus élevées s'observent en zone végétalisée. Les teneurs en phosphore restent moyennes à élevées au niveau de tous les états de surface. Le regroupement par état de surface a montré que les trois états de surface étudiés en sont riches. Aussi, convient-il de signaler que les sols bruns comparativement aux sols ferrugineux tropicaux, sont les mieux fournis en phosphore. Le potassium reste élevé en zone dénudée, et moyen sur les deux autres états de surface, avec toutefois des teneurs davantage importantes en sol brun. Les plus faibles teneurs pour les autres cations de réserve sont caractéristiques des sols nus. Sur ces derniers et les états de transition, l'acidité actuelle reste moyenne, et faible en zone de végétation. Cependant, les états de surface tous, sont caractérisés par une acidité potentielle élevée.

Cette étude quand bien même elle a permis une caractérisation des états de surface nu, végétalisé et de transition, n'explique pas clairement le passage entre les deux états extrêmes, dans la mesure où la transition peut être un état végétalisé en dénudation, ou un état dénudé en recolonisation par la végétation. Une reconsidération au niveau de la transition, de transition nue et transition végétalisée s'avère donc nécessaire. L'analyse diachronique de l'évolution des sols nus, associée à la géomorphologie permettrait de suivre spatialement le phénomène de la dégradation et de tirer des conclusions davantage satisfaisantes, quant au rôle joué par le relief dans ce phénomène. Afin de mieux cerner le problème de la dégradation des terres dans le Centre-nord, une meilleure connaissance du milieu humain et des systèmes de culture s'avère nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

AHOUANDJINOU P.S.O.I. (1998).- Etude par télédétection de l'évolution des sols nus et de la végétation environnante dans le Centre-nord du Burkina Faso. Cas de villages de Dablo, Soubeira, Loaga et Niénéga. Mémoire IDR. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso. 95p.

ALBERGEL J., RIBSTEIN P., VALENTIN C. (1986).- L'infiltration : quels facteurs explicatifs ? Analyse des résultats acquis sur 48 parcelles soumises à des simulations de pluies au Burkina Faso. Séminaire : journées hydrologiques à Montpellier. 17-18 Septembre 1986. pp 25-48.

BADO A. et SOMDA S. (1996).- Etude sur l'organisation de la filière du bois dans la région du centre-nord : Ministère de l'environnement et de l'eau. Kaya, Burkina Faso. 102p.

BAIZE D. (1988).- Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris. 172p.

BERGER M. (1996).- La fumure organique : principes et matières disponibles. Agriculture et Développement, n° hors série. Fiches techniques. CIRAD-CA. Montpellier, France. 58p.

BOIFFIN J. (1985).- Stages and time dependency of soil crusting in situ. Assessment of soil surface sealing and crusting proceedings of the symposium held in Ghent. Ghent, Belgium. pp.91-98

BONN F. et ROCHON G. (1993).- Précis de télédétection. Volume 1 : principes et méthodes. Presses de l'Université du Québec. Ed. Marquis. 485p.

BOULET R. (1968).- Carte pédologique de reconnaissance de la Haute Volta (Centre-nord), 1/500000. ORSTOM, Paris, France.

BOULET R. (1976).- Notice carte des ressources en sols de la Haute Volta. ORSTOM, Paris. Ministère de la coopération, République de Haute Volta. 97p.

BOUSQUET E. (1997).- Reflexion sur la modélisation de divers phénomènes de dégradation des terres d'une région du Burkina Faso (région Yatenga). Mémoire de DEA. Ecole Supérieure d'Agronomie de Montpellier. 60p.

BOYER J. (1983).- Conservation et amélioration de la fertilité. Bulletin technique d'information des ingénieurs des sciences agricoles. n°379, pp.357-366.

BUNASOLS (1987).- Méthodes d'analyses physiques et chimiques des sols, eau et plantes. Document technique n°3. 158p.

BUNASOLS (1990).- Plan régional du secteur agro-pastoral de l'ex. ORD du Centre-nord. Tomes 1, 2, 3. Ministère de l'agriculture et de l'élevage.

BUNASOLS (1995).- Etude morpho-pédologique de la province du Bam, 1/50000. Vol.1. Rapport technique n°97. 95p.

FAUCK R., MOREAUX C. I. et THOMANN C. (1969).- Bilan de l'évolution des sols de Séfa (Casamence, Sénégal) après quinze années de culture continue. *Agronomie Tropicale*. Pp.263-301.

FONTES J. et GUINKO S. (1995).- Carte de la végétation et de l'occupation du sol au Burkina Faso, 1/1000000, notice explicative. Ouagadougou, Burkina Faso : Ministère de la coopération française. Projet campus. Institut du développement Rural. Faculté des sciences et techniques, Université de Ouagadougou. 67p.

GUILLET F. (1991).- Etude et modélisation hydro-pédologique d'un bassin versant de la zone sahélo-soudanienne au Burkina Faso. Utilisation du modèle source. Paris, France. Thèse de doctorat, université Paris VI. 266p.

GUINKO S. (1984).- Végétation de la Haute Volta . Thèse de doctorat ès-sciences naturelles. Université Bordeaux III. Tome 1. 318p.

GREACEN E.L., BARKLEY K.P. et FARELL D. A. (1969).- The mechanism of root growth in soils the particule reference to the implication of root distribution. pp.256. in W.J Whittington, ed. *Root Growth* Butter. Worth London.

HIEN V. LOMPO F., et al. (1992).-La conservation de la fertilité du sol pour une agriculture durable au Burkina Faso. INERA, CNRST, Ouagadougou. Programme ESFIMA (eau, sol, fertilisation, irrigation, machinisme agricole). Comité technique national de recherche agricole. 53p.

HOEK R. et NICO W. (1989).- Texte de la présentation sur l'état actuel de la culture attelée au Burkina Faso et au centre-nord en particulier. Programme et exécution du développement intégré. Kaya, Burkina Faso. 15p.

HOTTIN G. et OUEDRAOGO O.F. (1972).- Carte géologique du Burkina Faso 1/1000000. Notice explicative. Bureau des mines et de la géologie du Burkina.

INERA et BUNASOLS (1996).- Interprétation agronomique des données de sols. Un outil pour la gestion des sols et le développement agricole. Séminaire BUNASOLS/INERA. 14 – 16 Mars 1995. 65p.

INSD (1985).- Recensement général de la population : Burkina Faso. Données brutes. Vol. II. Ensemble du pays. Ministère du plan et de la coopération. 662p.

INSD (1996 a).- Le profil de pauvreté au Burkina Faso. 1ère édition. Ministère de l'économie, des finances et du plan. Ouagadougou. 170p.

INSD (1996 b).- Recensement général de la population et de et de l'habitat du Burkina Faso. Du 10 au 20 Déc. 1996. Ministère de l'économie et des finances. Ed. de Mars 1997.

KABORE V.S. (1995).- Amélioration de la production végétale des sols dégradés (zippellés) du Burkina Faso par la technique des poquets (zaï). Thèse Doct. ès sciences n°1302 (1994) EPFL. 187p.

KAMBOU N., TAONDA S., ZOUGMORE R., KABORE B. et DICKEY J. (1994).- Effets des pratiques de conservation des sols sur l'évolution de la sédimentation, des états de surface et des rendements de mil d'un site érodé à Yilou, Burkina Faso. In Purdue University Winroch International.

KAMBOU N. et ZOUGMORE R. (1996).- Evolution des états de surface d'un « zipellé » soumis à différentes techniques de restauration des sols (Yilou, Burkina Faso). Réseau érosion, bulletin n°16. pp.19-32.

KESSLER J.J. et GEERLING C. (1994).- Profil environnemental du Burkina Faso. Wageningen, Pays-Bas. Département de l'aménagement de la nature. 63p.

KHOUMA M., BOCK L., MATHIEU L. et ENGELS P. (1996).- Systèmes d'information géographiques et gestion des données des sols in surveillance des sols par télédétection et SIG. Acte de symposium international AISS du 06 au 10 Février, Ouagadougou. Ed. ORSTOM. pp.35-51.

KOOISTRA M.J. et SIDERIS W. (1985).- Micromorphological aspect of crust formation in a savanna climate under rainfed subsistence agriculture. International symposium on the assessment of soil surface sealing and crusting. Ghent, Belgium. Pp.9-17.

LE BISSONNAIS Y. et LE SOUDER (1995).- Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. Etude et gestion des sols. Pp.43-56.

LEO O. et DIZIER J.L. (1986).- Télédétection : techniques et applications cartographiques. Direction des ressources naturelles et télédétection, Paris. Ed. forhom. 275p.

MANDO A. (1997).- The rôle of termites and mulch in the rehabilitation of crusted Sahelian soils. Thesis. Wageningen Agricultural University. 101p.

MARA (1992).- Rapport de la campagne agricole 1991-1992. Mise à jour année 1990.

MILLEVILLE P. et SERPANTIER G. (1985).- Intensification et durabilité des systèmes agricoles en Afrique soudano-sahélienne. Promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne. Dakar, Sénégal :FAO. pp.33-46.

MOKADEM I. A. M. et NONGUIERMA A. (1989).- Synthèse sectorielle de la télédétection appliquée en Afrique de l'Ouest. 33p.

MULDERS M.A. et WIERSUM K.F. (1995).- Land degradation : concept, processes and assessment . Wageningen, Pays-Bas. Antenne sahélienne de l'université de Wageningen et université de Ouagadougou. 24p.

OLDEMAN L., HAKKELING R. T. A et SOMBROECK R. G. (1990).- World map of the status of human induced soil degradation. Wageningen, Pays-Bas, International soil reference and information center. Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Nairobi, Kenya.

PATECORE / GTZ (1998).- Rapport d'évaluation des activités. 32p.

PIERI C. (1989).- Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement agricoles au sud du sahara : Ministère de la coopération et du développement. CIRAD. 444p.

PNGIM (1996).- Nomenclature nationale pour la constitution des bases de données de l'occupation des terres. Document de synthèse, version 1. Ouagadougou, Burkina Faso. 150p.

REIJ C. (1982).- Projet d'aménagement des terroirs. Etude de projet. Diocèse de Kaya. 136p.

ROOSE E. (1977).- Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Thèse, Trav. et Doc. de l'ORSTOM, n°78, Paris.

ROOSE E. (1981).- Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées. Thèse. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, n°130, Paris, France. 569p.

ROOSE E., KABORE V. et al. (1993).- Fonctionnement, limites et amélioration d'une pratique culturale africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso). Cah. ORSTOM, ser. Pédo. Vol. XXVIII, n°2. pp. 159-173.

RUELLAN A. et DOSSO M. (1993).- Regards sur le sol. Ed. Foucher. Paris, France. 192p.

SERPANTIER G., TEZENAS DU MONTCEL L. et al. (1992).- La dynamique des états de surface d'un territoire agro-pastoral soudano-sahélien ; conséquences et propositions. L'aridité, une contrainte au développement (caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés). Bondy, France : ORSTOM. pp.419-447.

SERVANT M. (1976).- Etude sur quelques aspects de la pédogénèse en milieu halomorphe : l'exemple des sols salés de la région méditerranéenne française. Anale de l'Institut National Agronomique (algérie). Vol.1

SOLTNER D. (1979).- Les bases de la production végétale. Tome1 : le sol.

SOLTNER D. (1992).- Les bases de la production végétale : le sol. Tome 1. Coll. sciences et techniques agricoles. 19^{ème} édition. 467p.

STEINER K.G. (1996).- Causes de la dégradation des sols et approche pour la promotion d'une utilisation durable des sols dans le cadre de la coopération au développement. Margraf, Allemagne : GTZ, 155p.

TAPIA M. (1985).- Mechanistic approach toward the evaluation of soil erodibility. International symposium on the assessment of soil surface sealing and crusting. Ghent, Belgium. pp.121-129.

TRICART J. (1962).- L'épiderme de la terre. Esquisse d'une géomorphologie appliquée. Coll. évolution des sciences. Masson, Paris, France. 167p.

TRICART J. (1977).- Précis de géomorphologie-2 : Dynamique générale. Paris, France : sedes, 345p.

VALENTIN C. (1985).- Surface crusting of arid sandy soils. International symposium on the assessment of soil surface sealing and crusting. Ghent. Belgium. pp. 40 – 47.

VLAAR J.C.J. (1992).- Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du sahel. CIEH /UAW. 99p.

YOUG R.A. and ONSTAD C.A. (1985).- The effect of erosive forces on surface seal formation. International symposium on the assessment of soil surface sealing and crusting. Ghent , Belgium. pp.72-80.

ZOMBRE N.P., MANDO A., ILBOUDO J.B. (1999).- Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur la restauration des jachères ultradégradées du Bam, région du Burkina Faso. Séminaire international sur la jachère en Afrique tropicale : rôle, aménagement, perspectives. Dakar, 13-16 Avril 1999. 146p.

ZOUGMORE R. (1991).- Contribution à l'étude du ruissellement et de l'érosion à la parcelle : influence des paramètres principaux : précipitation, rugosité du sol, état de surface, humidité du sol. Mémoire IDR. Université de Ouagadougou. 89p.

ANNEXES

- Annexe 1** : Situation de l'exploitation des terres au Burkina Faso en 1991-1992
- Annexe 2** : Méthode des analyses granulométriques et de pH
- Annexe 3** : Description des profils à Loaga
- Annexe 4** : Description des profils à Niénéga
- Annexe 5** : Transects de Loaga et Niénéga
- Annexe 6** : Description des profils à Dablo I
- Annexe 7** : Description des profils à Dablo II
- Annexe 8** : Transects de Dablo I et Dablo II
- Annexe 9** : Description des profils à Namissiguima
- Annexe 10** : Description des profils à Soubeira
- Annexe 11** : Transects de Namissiguima et Soubeira
- Annexe 12** : Coordonnées GPS relevées lors de la sortie de validation
- Annexe 13** : Normes d'interprétation des analyses chimiques
- Annexe 14** : Pédologie de la zone d'étude
- Annexe 15** : Carte d'occupation des terres à Kongoussi en 1995
- Annexe 16** : Pénétrométrie sur les différents sites
- Annexe 17** : Table d'attributs de la couverture « relief » de la carte géomorphologique de
Kongoussi

ANNEXE I : SITUATION DE L'EXPLOITATION DES TERRES AU BURKINA FASO EN 1991-1992.

Numéro	provinces	S ² totale (ha)	S ² cultivable(ha)	S ² cultivée(ha)	Exploitations			CSC%	CIC%	SAE réalisés(ha)	région
					nombre	S ² moy/expl (ha)	pop rurale/ expl				
19	Oudalan	1004600	195300	59464	15000	4	8,4	19,44	30,44	522	sahel
24	Seno	1347300	277800	195555	34000	5,8	7,5	20,62	70,39	881	
26	Soum	1335000	280800	98923	4083	24,2	54	21,03	35,23		
13	Kossi	1317700	392500	392071	54900	7,1	7	29,79	99,89	750	Mouhoun
27	Sourou	948700	254400	110019	26820	4,1	10,9	26,81	43,25	2388	
15	Mouhoun	1044200	319800	161839	28353	5,7	12,1	30,63	50,61	0	
29	Yatenga	1229200	402700	193732	58688	3,3	8,8	32,76	48,11	20241	Nord
24	Passoré	407800	154000	89865	33440	2,7	6,6	37,76	58,35	1417	Centre-ouest
22	Sanguié	516500	162700	86959	25791	3,4	9,4	31,5	53,45	404	
25	Sissili	1373600	332600	122385	25712	4,8	11,8	24,21	36,8	183	
5	Boulkiémé	413800	215600	134768	45917	2,9	7,3	52,1	62,51	2375	Centre-nord
17	Namentenga	775500	205400	98352	30000	3,3	7,2	26,49	47,88	1343	
18	Ouhritenga	469300	175900	127890	41600	3,1	8,2	37,48	72,71	5971	
7	Ganzourgou	408700	105500	79725	30000	2,7	7,8	25,81	75,57	567	Centre
11	Kadiogo	116900	67500	10807	3000	3,6	7,9	57,74	16,01	9500	
2	Bazèga	531300	202400	82431	41400	2	8,6	38,09	40,73	3105	
16	Nahouri	384300	98900	22615	11700	1,9	9	25,73	22,87	535	Centre-sud
30	Zoundwéogo	345300	100200	79975	17445	4,6	10	29,02	79,81	3370	
4	Boulgou	903300	315400	264444	48589	5,4	9,1	34,92	83,84	3846	
14	Kouritenga	162700	60800	118941	21623	5,5	10,6	37,37	195,63	1201	Centre-est
8	Gnagna	860000	200400	129700	23305	5,6	11,9	23,3	64,72	2033	
28	Tapoa	1478000	483700	67250	24724	2,7	7,5	32,73	13,9	0	
9	Gourma	2661300	823300	142577	37577	3,8	8,7	31,12	17,32	774	Est
12	Kénéédougou	800000	664500	84645	11170	7,6	14,7	83,06	12,74	0	
10	Houet	1620000	1317700	196135	43170	4,5	9,2	81,31	14,88	0	
6	Comoé	1839300	801300	134824	26250	5,1	9,7	43,56	16,82	0	Comoé
3	Bougouriba	708700	392000	127798	19303	6,6	13,1	55,31	32,6	303	Sud-ouest
21	Poni	1036100	454600	99242	17682	5,6	13,6	43,88	21,83	22	
	Total	27362100	9919300	3687478	869942					64385	
	Moyenne					4,9	10,9	36,73	50,14	2220	

CSC = coefficient de superficie cultivable

SAE = sites anti-érosifs

CIC = coefficient d'intensité culturale

Source : Ministère de l'agriculture et de l'élevage. Rapport de campagne 1991-1992.

*NB : Nous avons calculé les CSC et CIC à partir des superficies contenues dans ce rapport.

ANNEXE 2 : METHODE DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES ET DES pH

I / GRANULOMETRIE 3 FRACTIONS

La granulométrie vise à séparer les différentes fractions constituantes du sol dont les particules sont inférieurs à 2 mm et déterminer leur proportion. Ces particules sont classées de la façon suivantes :

- Argiles : diamètre inférieur à 2μ ;
- Limon : diamètre compris entre 2μ et 50μ ;
- Sable : diamètre compris entre 50μ et 2000μ ;

Principe

La densité d'une suspension de terre à une profondeur donnée diminue au fur et à mesure que les particules se déposent. Sa valeur à des températures différentes est en relation avec la dimension des particules de sorte que par le choix du temps auquel la mesure est effectuée, la densité observée fournira une estimation soit de la fraction limon + argile, soit la fraction argile.

La densité est mesurée au moyen d'un hydromètre spécial effilé calibré à 20°C.

Réactifs et appareillage

- solution d'hexamétaphosphate de sodium à 5 %.

Pour la préparation, on dissout 40g de $\text{Na}(\text{PO}_4)_6$ + 10g de Na_2CO_3 dans un litre d'eau distillée.

- Antimousse ; Thermomètre ; Agitateur ; Hydromètre ; Flacon en plastique de 500 ml ; Eprouvette de 1000 ml

Mode opératoire

Peser 51g de sol argileux ou 101g de sol sableux préalablement séché et tamisé à 2 mm. Introduire cet échantillon de terre dans un flacon de 500 ml. Y ajouter 50 ml de la solution d'hexamétaphosphate de sodium et de carbonate de sodium $\text{Na}(\text{PO}_4)_6 - \text{Na}_2\text{CO}_3$ et 250 ml d'eau distillée.

Agiter pendant 2 heures et transvaser dans une éprouvette de 1000ml. Compléter à volume égale avec de l'eau distillée. Agiter vigoureusement à la main pendant une minute. Placer ensuite l'éprouvette sur la paillasse. Après 40 secondes de repos, prendre la mesure avec l'hydromètre. Cette première mesure représente l'argile et le limon (particules de diamètre inférieur à 50μ).

Après 3 heures de repos, prendre une deuxième mesure sans agiter. Cette deuxième lecture représente l'argile (particules de diamètre inférieur à 2μ).

Calcul

On calcule d'abord le pourcentage argile+limon = A. Puis le pourcentage de l'argile=B.

Le pourcentage de sable est alors : 100 - A

soit : % sable = 100 - A ; % argile = B ; % limon = A - B

Comme l'hydromètre est calibré à 20°C, on doit corriger les lectures des échantillons et les pourcentages seront alors :

$$A = \frac{\text{Lecture corrigée après 40 heures de repos} \times 100}{\text{Poids}}$$

$$B = \frac{\text{Lecture corrigée après 3 heures de repos} \times 100}{\text{Poids}}$$

Correction des lectures en fonctions de la température.

Pour les températures supérieures à 20°C, on additionne à la lecture (l) la différence entre les 2 températures préalablement multipliée par 0,36.

Exemple : L=23 et T=26°C

$$\text{Lecture corrigée (Lc)} = L + (t - 20) \times 0,36 = 23 + (26 - 20) \times 0,36 = 25,16$$

Le pourcentage des particules sera :

$$\% = \frac{Lc \times 100}{P} = \frac{25,16 \times 100}{51} = 49,33\%$$

avec P = 51

Pour les températures inférieurs à 20°C, on additionne à la lecture (L) la différence des 2 températures préalablement multipliée par 0,36.

Comme $t < 20$, $t-20 < 0$ et l'opération équivaut à une soustraction.

Exemple : L = 25 et t = 18°C

$$Lc = (t-20) \times 0,36 + 25 = 24,28$$

Pourcentage des particules

$$\% = \frac{Lc \times 100}{P} = \frac{24,28 \times 100}{51} = 47,6\%$$

II / MESURE DE pH

Le pH est une mesure de l'acidité d'une solution c'est-à-dire l'activité des ions H^+ de cette solution. La solution du sol n'est pas neutre à cause des interaction entre les 3 fractions de celui-ci à savoir la fraction solide, liquide et gazeuse. On peut alors mesurer son pH.

Le principe consiste à préparer une solution de terre soit avec de l'eau distillée pour mesurer pH_{H_2O} , soit avec une solution de KCl 1 N pour mesurer pH_{KCl} .

Le chlorure de potassium (KCl) permet une libération assez complète des ions H^+ et donc, pH_{KCl} donne l'acidité totale du sol.

Matériels et réactifs

Balance de précision ; boîte de polyéthylène avec couvercle de volume 100 ml ; agitateur secoueur avec mouvement de va et vient ; un pHmètre de précision avec électrode combinée ; pissette et eau distillée ; KCl 1 N (introduire 74,4 g de KCl dans une fiole jaugée d'un litre et compléter avec de l'eau distillée). Agiter pour mieux homogénéiser ; solution tampon pH = 4 et pH = 7 pour étalonner convenablement le pHmètre.

Détermination du pH_{H_2O}

On introduit 20g de terre dans une boîte et ajouter 50 ml d'eau distillée. Secouer pendant 30 minutes à la fréquence de 50 va et vient par minute. Laisser reposer pendant 30 minutes.

Standardiser le pHmètre à l'aide des solutions tampons pH=4 ou pH=7 et corriger la température. Introduire l'électrode combinée dans la solution de sol en évitant de toucher au dépôt de terre de fond. Favoriser un bon contact entre l'électrode et la suspension par une légère agitation.

Attendre que l'appareil se stabilise pour lire la valeur du pH. Cette stabilisation peut prendre plus d'une minute

Retirer l'électrode, le rincer à l'eau distillée, le sécher et passer à la mesure d'un autre échantillon.

Détermination du pH_{KCl}

On procède de la même façon que précédemment pour déterminer le pH_{KCl} . Seulement, ici la solution de sol est préparée avec 20 g de terre et 50 ml de solutions de KCl 1 N. La mesure du pH suit les mêmes procédures que pour la détermination du pH_{H_2O} .

A la fin de l'opération rincer l'électrode à l'eau distillée et la maintenir trempée dans une solution tampon.

ANNEXE 3 : DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES PROFILS A LOAGA

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 03 LOAGA

Date de description: 21- 01- 99

Auteurs: ZOMBRE P. et DIBOULO E.

Classification CPCS 1967: Sol ferrugineux tropical lessivé induré profond

Localisation du profil: Loaga à 12 km environ de Kongoussi

Position physiographique: Moyenne pente de glacis de dénudation

Topographie environnante: Relief ondulé

Pente: 0,5 %

Végétation: *Calotropis procera*, avec une touffe de *Loudelia togoensis*.

Roche mère: Roche verte

Drainage: Normal

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Nappe: non atteinte

Erosion: En nappe avec formation de croûte ERO

Influence humaine: cordon pierreux, pâturage.

Etat de surface: dénudé

Commentaires

0-13 cm: Brun fort (7.5 YR 4/6) à l'état sec, brun sombre (7.5 YR 3/4) à l'état humide; Texture limono-sableuse; Pas d'éléments grossiers ; Structure massive; Consistance dure; Peu nombreux pores très fins et fins, Racines presque inexistantes; Activité biologique faiblement développée; Transition distinct (5 cm).

13-41 cm: jaune rougeâtre (5YR 6/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5 YR 5/6) à l'état humide; Texture limono-sableuse; Structure faiblement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4cm); Consistance tendre; Nombreux pores très fins, fins et moyens ; Racines inexistantes; Activité biologique moyennement développée; Transition graduelle (10 cm).

41-65 cm: Jaunâtre rougeâtre (5 YR 6/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5 YR 5/8) à l'état humide; Texture limono-argilo-sableuse; Structure faiblement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4 cm) et moyens (2,5 cm); Consistance tendre; Nombreux pores très fins, fins et moyens; Racines inexistantes; Activité biologique faiblement développée; Transition graduelle (12 cm).

65-96 cm: rouge jaunâtre (5YR 6/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5YR 5/8) à l'état humide; Texture limono-argilo-sableuse; Quelques graviers ferrugineux ; Structure massive ; Consistance dure; Assez nombreux pores très fins et fins; Racines inexistantes; Activité biologique faiblement développée; Transition distinct (5 cm).

96-124 cm: Horizon graveleux (plus de 70% de graviers et cailloux)

>124 cm : Cuirasse ferrugineuse

Notes additionnelles : Profil situé en zone dénudée sur une aire très encroûtée. Il se singularise par une épaisseur de 96 cm sans éléments grossiers avec une structure moyennement développée et, avec une couleur jaune rougeâtre (gamme des 5YR). On observe une certaine friabilité dans l'horizon B.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 04 LOAGA

Date de description: 21- 01- 99

Auteurs: ZOMBRE P. et DIBOULO E.

Classification CPCS 1967: Sol ferrugineux tropical lessivé modal.

Localisation du profil: Loaga à 12 km environ de Kongoussi

Coordonnés (UTM): 30 6 482 72

p 14 722 36

381 m

Position physiographique: Moyenne pente de glacis

Topographie environnante: Relief ondulé

Pente: 0,5 %

Végétation: Savane arbustive à *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Cassia sieberiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*.

Roche mère: Roche verte

Drainage: Normal

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Nappe: non atteinte

Erosion: En nappe

Influence humaine: Coupe, pâture.

Etat de surface: végétalisé (ST1)

Commentaires

0-7 cm: Brun fort (7.5 YR 5/4) à sec, brun sombre (7.5 YR 4/4) à l'état humide; Texture limo-sableuse; Structure faiblement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4 cm); Consistance tendre; Nombreux pores très fins et fins, moyens et larges; Nombreuses racines très fines, fins et moyennes; Activité biologique bien développée; Transition graduelle (10 cm).

7-20 cm: Brun jaunâtre (10YR5/4) à l'état sec, brun jaunâtre (10 YR 4/4) à l'état humide; Texture limono-sableuse; Structure massive; Consistance dure; Assez nombreux pores très fins et fins; Nombreuses racines très fines, fines et moyennes; Activité biologique bien développée; Transition distincte (6 cm).

20-40 cm: Jaunâtre rougeâtre (5 YR 6/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5 YR 5/8) à l'état humide; Texture limono-argilo-sableuse; Structure faiblement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4 cm) et moyens (2,5 cm); Consistance tendre; Nombreux pores très fins, fins et moyens et larges; Nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières; Activité biologique bien développée; Transition graduelle (11 cm).

40-60 cm: Jaune rougeâtre (5YR 6/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5YR 5/8) à l'état humide; Texture limono-argilo-sableuse; Structure moyennement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4 cm) et moyens (2,5 cm); Consistance tendre; Nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; Nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières; Activité biologique bien développée; Transition graduelle (11 cm).

60-122 cm: Jaune rougeâtre (5YR 7/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5YR 5/8) à l'état humide; Texture limono-argilo-sableuse; Structure moyennement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4 cm) et moyens (2,5 cm); Consistance tendre; Nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; Nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières; Activité biologique bien développée.

Notes additionnelles : Profil situé en zone végétalisée.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 05 LOAGA

Date de description: 21- 01- 99

Auteurs: ZOMBRE P. et DIBOULO E.

Classification CPCS 1967: Sol ferrugineux tropical lessivé modal.

Localisation: Loaga à 12 km environ de Kongoussi

Coordonnées (UTM): 30 6 483 49

p 14 722 34

385 m

Position physiographique: Moyenne pente de glacis

Topographie environnante: Relief onduleux

Pente: 0,5 %

Végétation: Savane arbustive à *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Cassia sieberiana*, *Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*. Strate herbacée composée de *Loudetia togoensis*, *Andropogon gayanus*, *Crotalaria gorensis*, *Leptadenia hastata*, *Indigofera tinctorium*.

Roche mère: Roche verte

Drainage: Normal

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Nappe: non atteinte

Erosion: En nappe

Influence humaine: Pâturage.

Etat de surface: (Ero / ST1)

Commentaires

0-7 cm Brun fort (7.5 YR 5/8) à sec, brun sombre(7.5 YR 4/6) à l'état humide; Texture limono-sableuse; Structure faiblement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4 cm); Consistance tendre; Assez nombreux pores très fins et fins, moyens et larges; Rares racines très fines et fins; Activité biologique faiblement développée; Transition distincte (5 cm).

Partie végétalisée: Brun fort (7.5 YR 5/4) à sec, brun à brun sombre(7.5 YR 4/4) à l'état humide; Texture limono-sableuse; Structure faiblement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4 cm); Consistance tendre; Nombreux pores très fins et fins, moyens et larges; Nombreuses racines très fines, fines et moyennes; Activité biologique bien développée; Transition distincte (5 cm).

7-28 cm:

Partie nue: Jaune rougeâtre (5YR5/4) à l'état sec, rouge jaunâtre (5 YR 5/8) à l'état humide; Texture limono-argilo-sableuse; Structure massive; Consistance dure; Nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; Peu nombreuses racines très fines, fines; Activité biologique assez développée; Transition graduelle.

Partie végétalisée: Brun (7.5 YR 5/4) à l'état sec, brun à brun sombre (7.5 YR 4/4) à l'état humide; Texture limono-sableuse; Structure moyennement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4 cm) et moyens (2,5 cm); Consistance tendre; Nombreux pores très fins, fins et moyens et larges; Nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières; Activité biologique bien développée; Transition graduelle.

28-59 cm:

Partie nue: Jaune rougeâtre (5YR 6/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5YR 5/6) à l'état humide; Texture limono-argilo-sableuse; Structure massive; Consistance dure; Peu nombreux pores très fins et fins; Racines peu nombreuses très fines et fines; Activité biologique faiblement développée; Transition graduelle (11 cm).

Partie végétalisée: Jaune rougeâtre (5YR 6/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5YR 5/6) à l'état humide; Texture limono- argilo-sableuse; Structure massive; Consistance peu développée; Assez nombreux pores très fins, fins, moyens; Nombreuses racines très fines et fines; Activité biologique bien développée; Transition graduelle (11 cm).

59-110 cm:

Partie nue: Jaune rougeâtre (7.5 YR 7/8) à sec, rouge jaunâtre (7.5 YR 7/8) à l'état humide; Texture limono-argilo-sableuse; Structure faiblement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers; Consistance dure; Peu nombreux pores très fins, fins et moyens; Peu nombreuses racines très fines et fins; Activité biologique faiblement développée.

Partie végétalisée: Jaune rougeâtre (7.5 YR 7/8) à sec, rouge jaunâtre (7.5 YR 7/8) à l'état humide; Texture limo-argilo-sableuse; Structure faiblement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers; Consistance tendre; Nombreux pores très fins, fins et moyens; Nombreuses racines très fines et fines; Activité biologique moyennement développée.

Note additionnelle : profil situé en zone de transition.

ANNEXE 4 : DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES PROFILS A NIENEGA

DESCRIPTION MORRPHOLOGIQUE DU PROFIL 02 NIENEGA

Date : 21-01-99

Auteurs : ZOMBRE P.et DIBOULO E.

Localisation : Niénéga

Classification CPCS 1967 : Sol peu évolué d'érosion régosolique

Position physiographique : dépression périphérique

Topographie environnante : relief onduleux

Pente : 0.5%

Végétation : quelques reliques d'herbacées constituées de *Ctenium elegans*
schistes

Roche mère : roche verte

Drainage : normal

Etat hydrique : sec sur tout le profil

Nappe : non atteinte

Etat de surface : épandage de graviers ferrugineux, de roches vertes et de

Erosion : en nappe

Influence humaine : cordons pierreux

Commentaires

0 - 4 : croûte ERO de 4cm d'épaisseur, de texture limono-sableuse.

4 - 17 : brun fort (7.5YR 4/6) à l'état sec, brun à brun fort (7.5YR 4/4) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; quelques graviers ferrugineux ; structure massive ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, fins et moyens ; racines rares très fines et fines ; activité biologique bien développée ; transition graduelle.

17 - 43 : brun fort (7.5YR 4/6) à l'état sec, brun à brun sombre (7.5YR 4/4) à l'état humide ; texture limono-argilo-sableuse ; quelques graviers de schistes avec 2% de concrétions ferromanganiques ; structure massive ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, fins et moyens ; racines rares très fines et fines ; activité biologique bien développée ; transition abrupte onduleuse.

43 - 106 : horizon constitué de cailloux, blocs de schistes et de roches vertes.

Notes additionnelles : poches de coprolite dans le 3^{ème} horizon. Profil situé en zone dénudée.

DESCRIPTION MORRPHOLOGIQUE DU PROFIL 03 NIENEGA

Date : 21-01-99

Auteurs : ZOMBRE P.et DIBOULO E.

Localisation : Niénéga

Classification CPCS 1967 : Sol brun peu évolué

Position physiographique : dépression périphérique

Topographie environnante : relief onduleux

Pente : 0.5%

Végétation : *Leptadenia hastata*, *Loudetia togoensis*

Roche mère : roche verte

Drainage : normal

Etat hydrique : sec sur tout le profil

Nappe : non atteinte

Etat de surface : épandage de graviers ferrugineux, de roches vertes et de

Erosion : en nappe

Influence humaine : cordons pierreux

Commentaires

0 - 12 : brun (7.5YR 5/4) à l'état sec, brun sombre (7.5YR 3/4) à l'état humide ; texture limoneuse ; 1% de concrétions ferro-manganiques; ferrugineux ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins et moyens ; nombreuses racines très fines et fines ; activité biologique moyennement développée ; transition graduelle (10cm).

12 - 43 : brun jaunâtre (10YR 5/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR 4/6) à l'état humide ; texture argilo-limoneuse ; 1% de concrétions ferro-manganiques, des débris de schistes; structure moyennement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers 4.5cm et moyens 2.5cm ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, fins et moyens ; assez nombreuses racines très fines, fines et moyennes ; activité biologique bien développée ; transition abrupte (3cm).

43 - 113 : horizon constitué de débris de schistes, de roches vertes et de graviers de quartz.

Notes additionnelles : Profil situé en zone végétalisée. De légères fentes de retraits au niveau de l'horizon 2.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 04 NIENEGA

Date : 21-01-99

Auteurs : ZOMBRE P. et DIBOULO E.

Localisation : Niénéga

Classification CPCS 1967 : Sol brun eutrophe peu évolué à faciès vertique
à horizon A décapé

Position physiographique : dépression périphérique

Topographie environnante : relief onduleux

Pente : 3%

Végétation : *Leptadenia hastata*, *Loudetia togoensis*

Roche mère : roche verte

Drainage : normal

Etat hydrique : sec sur tout le profil

Nappe : non atteinte

Etat de surface : épandage de graviers ferrugineux, de roches vertes et de
quartz

Erosion : en nappe

Influence humaine cordons pierreux

Commentaires

0 - 20 : rouge jaunâtre (5YR 4/6) à l'état sec, brun rougeâtre (5YR 4/4) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; nombreux débris de roches vertes ; structure moyennement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (3cm), moyens (2cm) ; consistance dure ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; nombreuses racines très fines et fines ; activité biologique bien développée ; transition graduelle (10cm).

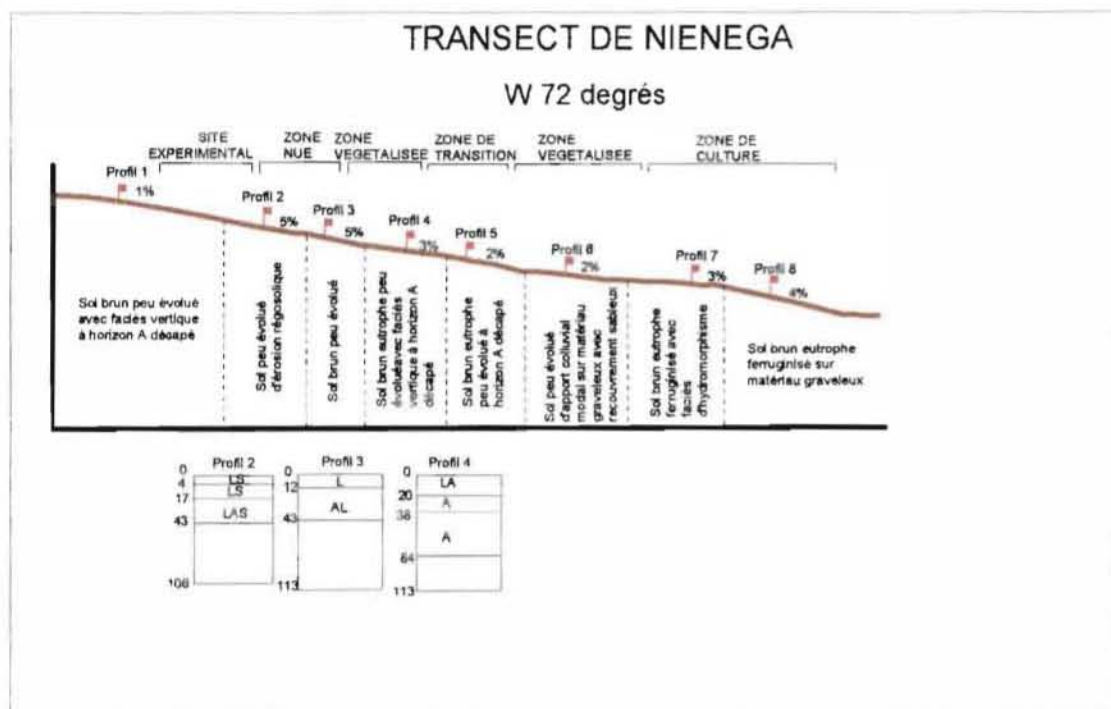
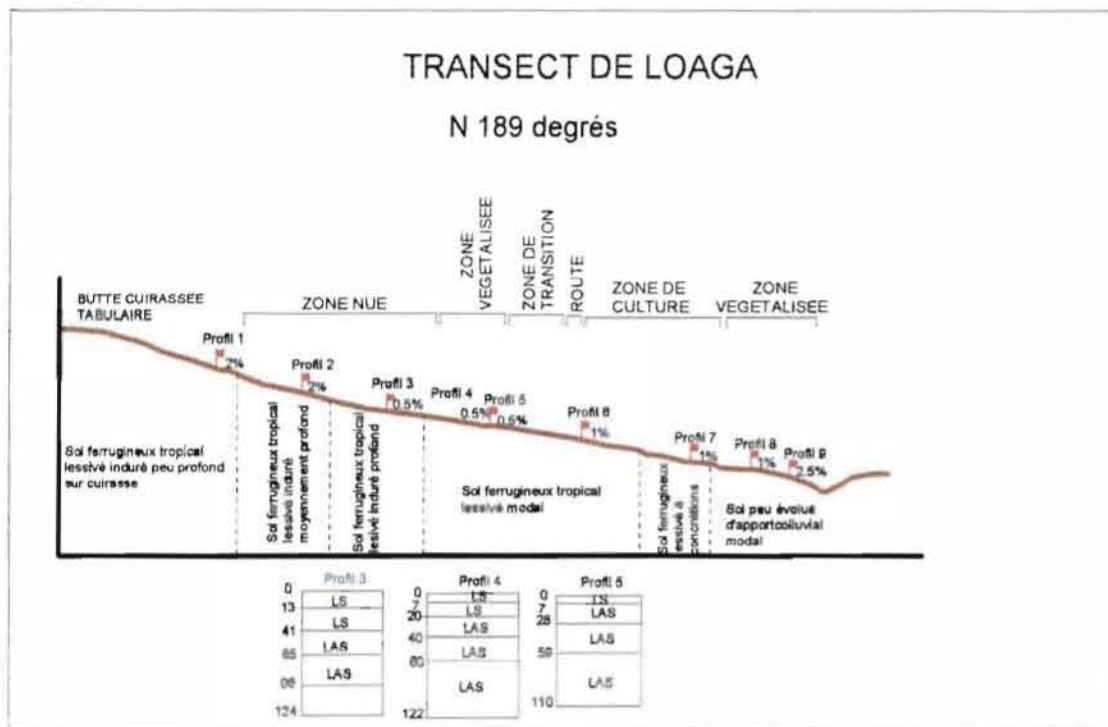
20 - 38 : rouge jaunâtre (5YR 4/6) à l'état sec, brun rougeâtre (5YR 4/4) à l'état humide ; texture argileuse ; structure moyennement développée polyédrique subangulaire à éléments grossiers (4cm), moyens (2cm) et fins (1cm) ; consistance dure ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; racines peu nombreuses très fines et fines ; activité biologique bien développée ; transition distincte.

38 - 84 : brun rougeâtre (2.5YR 5/4) à l'état sec, rouge (2.5YR 5/6) à l'état humide ; texture argileuse ; structure moyennement développée, prismatique, à éléments grossiers ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins et moyens ; racines rares très fines et fines ; activité biologique faiblement développée ; limite abrupte (3cm).

84-113 : horizon constitué de schiste avec présence de calcaire.

Notes additionnelles : Profil situé en zone de transition. De nombreuses faces de glissement et de nombreuses fentes de retrait dans le 3^{ème} horizon. Présence de calcaire dans le 4^{ème}.

ANNEXE 5: TRANSECTS DE LOAGA ET NIENEGA



ANNEXE 6 : DESCRIPTION MORHOLOGIQUE DES PROFILS A DABLO I

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 03 DABLO I

Date: 20/12/98

Auteurs : ZOMBRE N. et KISSOU R.

Localisation : Dablo I coordonnées UTM: X = 725410
Y = 1288792

Classification CPCS (1967) : Sol ferrugineux Tropical lessivé induré à concrétions (faiblement concrétionné)

Classification FAO (1988): Lixisol

Végétation: Savane arbustive claire à *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, tapis herbacé clair à *ctenium elegans* et *Eragrostis tremula*;

Utilisation actuelle : Champ sorgho rouge

Position physiographique : Haute pente de glacis

Microtopographie : Une termitière 1;5 cm

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 1%

Matériau parental :

Affleurements : aucun

Drainage : Normal

Etat de surface : quartz environ 100 m

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : Faible

Type d'érosion : En nappe

Commentaires

0 - 7 cm : gris brunâtre claire (10YR 6/2) à l'état sec et brun jaunâtre sombre (10YR 4/4) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; structure massive ; consistance dure ; racines nombreuses, très fines et fines ; pores assez nombreux très fins, fins et moyens ; activité biologique bien développée ; limite graduelle (10 cm);

7 - 20 cm : brun pale (10YR 6/3) à l'état sec et brun jaunâtre sombre à l'état humide (10YR 4/6) ; texture est limono-argilo-sableuse ; structure est massive ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, moyens ; assez nombreuses racines très fines et fines ; activité biologique bien développée ; limite graduelle (10 cm);

20 -57 cm : orange gris (7,5YR 7/4) à l'état sec, jaune rougeâtre (7,5YR6/6) à l'état humide; texture limono-argileuse ; Structure massive ; consistance dure ; revêtements argiliques ; assez nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; rares racines très fines et fines ; activité biologique faiblement développée ; limite diffuse (13 cm);

57 - 95 cm : jaune rougeâtre (7,5YR 7/6) à l'état sec et brun fort (7,5YR 5/8) à l'état humide ; texture est limono-argileuse ; structure polyédrique faiblement développée en éléments grossiers, moyens ; consistance dure ; revêtements argiliques ; assez nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; racines inexistantes ; activité biologique faiblement développée ; limite distincte (5 cm);

95-126cm : brun clair (7,5YR 6/4) à l'état sec, brun fort (7,5YR5/6) à l'état humide; texture argilo-limoneuse ; 5% de concrétions ferrugineuses et manganitiques ; structure polyédrique moyennement développée en éléments très fins, moyens ; consistance peu dure ; assez nombreux pores très fins, fins et moyens ; racines inexistantes, activité biologique non évidente;

Notes additionnelles : Ce profil creusé sur une zone végétalisée à une activité thermique très intense en surface ; un revêtement argilique dans le 3ème horizon; Horizon 1 encroûté se détache nettement de l'horizon sous jacent par une couche très mince de sable. L'une des caractéristiques de ce profil est la présence de revêtements argiliques se manifestant dès le 3^{ème} horizon.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 05 DABLO I

Date: 20/12/98

Auteurs : ZOMBRE N. et KISSOUR R.

Localisation : Dablo I

Coordonnées UTM: X = 725410

Y = 1288792

Classification CPCS (1967) : Sol ferrugineux lessivé à concrétions (faiblement concrétionné)

Classification FAO (1988):

Position physiographique : Moyenne pente de glaciais de dénudation

Microtopographie : termitière

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 1%

Végétation : Savane arbustive claire à *Combretum micranthum*; *Boscia senegalensis*; *Piliostigma reticulatum*; à tapis herbacé lâche à *Pennisetum pedicellatum*, *Leptadenia hastata*.

Utilisation actuelle : Champ sorgho rouge

Matériau parental :

Affleurements : aucun

Drainage : Normal

Etat de surface : transition

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : Faible

Type d'érosion : En nappe

Commentaires

0 - 13 cm : brun pâle (10YR 6/3) à l'état sec et brun jaunâtre sombre (10YR 4/4) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; la structure massive dans l'ensemble ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins dans la partie végétalisée, néant dans la partie dénudée ; assez nombreuses racines très fines et fines dans la partie végétalisée, inexistantes en zone dénudée ; activité biologique moyennement développée dans la partie végétalisée, non évident en zone dénudée ; limite distincte (5 cm);

13 - 42 cm : brun très pâle (10YR 7/4) à l'état sec, jaune brunâtre (10YR6/6) à l'état humide; texture limono sableuse ; structure massive dans l'ensemble ; consistance dure ; nombreux pores très fins et fins dans la partie végétalisée néant dans la partie dénudée ; peu nombreuses racines très fines et fines dans la partie végétalisée, inexistantes en zone dénudée ; activité biologique faiblement développée en zone végétalisée, non évidente en zone dénudée ; limite graduelle (10 cm);

42 -62 cm : jaune (10YR 8/6) à l'état sec et jaune (10YR 7/8) à l'état humide ; texture argileuse ; structure massive ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins et fins ; racines rares ; activité biologique non évidente ; limite graduelle (10 cm);

62-120 cm : brun très pâle (10YR 7/4) à l'état sec, jaune (10YR7/6) à l'état humide ; texture argileuse ; 7% de concrétions ferro-manganitiques ; structure massive; consistance dure ; peu nombreux pores très fins et fins ; racines inexistantes, activité biologique non évidente.

Notes additionnelles : Ce profil est situé en zone de transition. On observe un dépôt de sable de 5 cm, par contre dans la partie dénudée, cette épaisseur est réduite à 0,5 cm ; La porosité est faible en zone dénudée, moyenne en zone végétalisée.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 06 DABLO I

Date: 20/12/98

Auteurs: ZOMBRE N. et KISSOUR.

Localisation : Dablo I

coordonnées UTM: X = 725410

Y = 1288792

Classification CPCS (1967) : Sol ferrugineux Tropical lessivé à concrétions

Position physiographique : Moyenne pente de glacis de dénudation

Microtopographie : quelques termitières

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 1%

Végétation : Savane arbustive à *Combretum micranthum*, *Boscia senegalensis*, végétation herbacée inexistante.

Utilisation actuelle : Champ sorgho rouge

Matériau parental :

Affleurements : aucun

Drainage : Normal

Etat hydrique : sec sur tout le profil

Etat de surface : totalement dénudé

Type d'érosion : En nappe

Commentaires

0 - 16 cm : brun pale(10YR 6/3) à l'état sec et brun jaunâtre sombre (10YR 5/4) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; structure est massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins et moyens ; racines inexistantes ; activité biologique faiblement développée; limite graduelle (10 cm).

16 - 38 cm : brun très pale (10YR 7/3) à l'état sec et jaune brunâtre à l'état humide (5YR 5/8); texture limono-argilo-sableuse ; structure massive ; consistance est dure ; peu nombreux pores très fins, fins et moyens ; racines inexistantes ; activité biologique faiblement développée ; limite graduelle (10 cm).

38 -82 cm : jaune rougeâtre (5YR 6/6) à l'état sec, jaune rougeâtre (5YR5/6) à l'état humide; quelques taches ; texture limono-argileuse ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins et fins ; racines inexistantes ; activité biologique faiblement développée ; limite distincte (5 cm).

82 - 128 cm : brun très pale(10YR 7/4) à l'état sec et jaune (10YR 7/8) à l'état humide; texture limono-argileuse ; 10% de graviers ferrugineux ; structure polyédrique sub angulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins et fins; racines inexistantes; activité biologique non évidente.

Notes additionnelles : Profil situé en zone dénudée. En état de surface. nous avons des croûtes de décantation de 0,5 cm ; son aspect est massif dans les 3 premiers horizons ; le 4^{ème} horizon est constitué d'éléments remaniés comprenant des graviers de quartz et fer; On a aussi une légère hydromorphie dans le 3^{ème} horizon ; on note aussi la quasi absence de racine dans le profil.

Shape	Area	Perimeter	Relief3	Relief3_id	Unit_géo	Area_ha	Area_%
Polygon	880802.300000	4485.529000	197	220	butte cuirassée	88.08	0.10
Polygon	588161.300000	3213.627000	198	221	butte rocheuse	58.82	0.07
Polygon	529590.100000	4445.052000	199	222	affleurement rocheux	52.96	0.06
Polygon	420613.000000	3099.653000	200	223	butte cuirassée	42.06	0.05
Polygon	2260388.000000	7933.974000	201	224	butte cuirassée	220.04	0.26
Polygon	389909.900000	2776.758000	202	226	butte rocheuse	38.99	0.05
Polygon	182976.700000	1805.734000	203	227	butte cuirassée	18.30	0.02
Polygon	1767788.000000	13677.920000	204	228	glacis pente inférieure	176.78	0.21
Polygon	1899391.000000	12439.250000	205	230	glacis pente inférieure	189.94	0.22
Polygon	104872.800000	1427.840000	206	231	butte cuirassée	10.47	0.01
Polygon	98591.330000	1389.279000	207	233	butte cuirassée	9.66	0.01
Polygon	1812192.000000	11493.900000	208	234	glacis pente supérieure	181.22	0.21
Polygon	138055.000000	1491.549000	209	235	butte cuirassée	13.81	0.02
Polygon	238976.100000	1921.538000	210	236	butte cuirassée	23.90	0.03
Polygon	8161858.000000	20918.810000	211	237	glacis pente inférieure	816.17	0.72
Polygon	195770.500000	1616.712000	212	238	butte cuirassée	19.58	0.02
Polygon	153466.600000	1987.832000	213	239	butte cuirassée	15.35	0.02
Polygon	2408553.000000	7961.997000	214	240	butte cuirassée	240.86	0.28
Polygon	22649240.000000	92507.840000	215	241	glacis pente supérieure	2264.92	2.64
Polygon	2699562.000000	10409.320000	218	242	plaine	269.96	0.31
Polygon	125269.200000	1556.884000	217	243	butte cuirassée	12.53	0.01
Polygon	520665.000000	4114.441000	218	244	versant érodé	52.07	0.06
Polygon	11579570.000000	19936.870000	219	245	butte rocheuse	1157.96	1.36
Polygon	3121384.000000	8706.449000	220	13	glacis pente moyenne	312.14	0.36
Polygon	100016.600000	1196.068000	221	250	butte rocheuse	10.00	0.01
Polygon	291496.800000	2959.819000	222	251	glacis pente inférieure	29.15	0.03
Polygon	862555.800000	3909.974000	223	252	butte cuirassée	86.26	0.10
Polygon	198198.700000	2072.430000	224	253	butte cuirassée	19.82	0.02
Polygon	38846.510000	733.117400	225	254	butte cuirassée	3.88	0.00
Polygon	757944.000000	6246.122000	226	255	glacis pente supérieure	75.79	0.09
Polygon	308849.000000	3083.418000	227	256	glacis pente inférieure	30.88	0.04
Polygon	743911.800000	4153.194000	228	257	butte cuirassée	74.39	0.09
Polygon	3369619.000000	16026.980000	229	258	versant érodé	336.96	0.39
Polygon	2012586.000000	9054.407000	230	259	versant érodé	201.26	0.23
Polygon	8714793.000000	38432.840000	231	246	glacis pente moyenne	871.48	1.02
Polygon	831220.000000	5451.341000	232	260	plaine	83.12	0.11
Polygon	6868273.000000	26801.790000	233	261	glacis pente supérieure	686.83	0.80
Polygon	751913.800000	4420.770000	234	262	versant érodé	75.19	0.09
Polygon	6033287.000000	19385.200000	235	263	butte rocheuse	603.33	0.70
Polygon	5152365.000000	26193.400000	236	264	plaine	515.24	0.60
Polygon	1701538.000000	14739.980000	237	265	glacis pente moyenne	170.15	0.20
Polygon	2185502.000000	8175.333000	238	266	glacis pente moyenne	218.55	0.25
Polygon	1358508.000000	7103.717000	239	268	butte cuirassée	135.85	0.16
Polygon	198378.900000	2207.852000	240	269	butte rocheuse	19.84	0.02
Polygon	2147787.000000	5897.202000	241	270	versant érodé	214.78	0.25
Polygon	1218543.000000	5136.805000	242	271	versant érodé	121.65	0.14
Polygon	795994.400000	3360.193000	243	272	butte cuirassée	79.60	0.09
Polygon	1719431.000000	15142.970000	244	273	bas fond	171.94	0.20
Polygon	790205.800000	3878.515000	245	274	glacis pente supérieure	79.02	0.09
Polygon	233636.300000	2231.467000	246	275	versant érodé	23.36	0.03
Polygon	4203388.000000	23479.830000	247	276	glacis pente inférieure	420.34	0.49
Polygon	3268349.000000	18213.640000	248	277	glacis pente moyenne	326.63	0.38
Polygon	1254479.000000	5664.777000	249	278	butte cuirassée	125.45	0.15
Polygon	1381231.000000	7405.244000	250	279	versant érodé	138.12	0.16
Polygon	798362.900000	4639.801000	251	280	glacis pente supérieure	79.84	0.09
Polygon	9378441.000000	52478.180000	252	281	glacis pente inférieure	937.84	1.09
Polygon	4132733.000000	12343.280000	253	282	plateau cuirassé	413.27	0.48
Polygon	366599.800000	2400.167000	254	284	glacis pente supérieure	36.66	0.04
Polygon	121984.500000	1482.390000	255	285	butte cuirassée	12.20	0.01
Polygon	65529.180000	937.393800	256	286	butte cuirassée	6.55	0.01
Polygon	713847.100000	3752.987000	257	287	plateau cuirassé	71.38	0.08
Polygon	3027703.000000	13102.270000	258	14	glacis pente inférieure	302.77	0.35
Polygon	403118.800000	3316.579000	259	288	versant érodé	40.31	0.05
Polygon	533973.300000	2892.598000	260	289	butte cuirassée	53.40	0.06
Polygon	289919.500000	2188.091000	261	290	butte cuirassée	28.99	0.03

ANNEXE 7 : DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES PROFILS A DABLO II

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 04 DABLO II

Date: 21/12/98

Auteurs : ZOMBRE N. et KISSOU R.

Localisation : Dablo II

Classification CPCS : Sol ferrugineux lessivé induré profond

Position physiographique : moyenne pente de glacis de dénudation

Microtopographie :

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 0,5 %

Végétation : Savane claire à *Ctenium elegans* lâche

Utilisation actuelle :

Matériau parental :

Affleurements :

Drainage : Normal

Etat de surface : Dalle de croûte de battance

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : Nappe et rigole

Type d'érosion :

Commentaires

0 - 24 cm : brun jaunâtre (10YR 5/4) à l'état sec et brun jaunâtre sombre (10YR 4/4) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins et fins ; racines inexistantes ; activité biologique faiblement développée ; nombreuses poches coprolites ; limite distincte (05 cm);

24 - 64 cm : jaune rougeâtre (5YR 6/6) à l'état sec, rouge jaunâtre (5YR 5/8) à l'état humide ; texture argilo-argileuse ; quelques concrétions ferrugineuses ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins ; racines inexistantes ; activité biologique faiblement développée ; poches à coprolites ; limite abrupte irrégulière (4 cm).

> 64 cm : Horizon en voie de carapace.

Notes additionnelles : Ce profil se situe dans une zone dénudée;

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 05 DABLO II

Date: 21/12/98

Auteurs: ZOMBRE N. et KISSOU R.

Localisation : Dablo II

Classification CPCS : Sol ferrugineux lessivé induré profond

Position physiographique : Moyenne pente de glacis de dénudation

Microtopographie : Monticule de sable

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 0,5 %

Végétation: *Ctenium elegans*

Utilisation actuelle :

Matériau parental :

Affleurements :

Drainage : Normal

Etat de surface : affleurement de cuirasse

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : rigole et nappe

Type d'érosion :

Commentaires

0 - 23 cm : jaune brunâtre (10YR 6/8) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR 4/6) à l'état humide ; texture sablo-limoneuse ; quelques graviers ferrugineux ; structure massive ; consistance peu dure ; peu nombreux pores très fins, fins et moyens ; nombreuses racines très fines, fines ; activité biologique moyennement développée ; limite abrupte (3 cm).

23 - 45 cm : Brun (10YR 5/3) à l'état sec et (10YR 3/4) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; peu nombreuses racines très fines et fines ; activité biologique moyennement développée ; limite graduelle (12 cm).

45 - 90 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR 6/6) à l'état sec, brun fort (7,5YR 5/8) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins et fins ; racines inexistantes ; activités biologiques faiblement développée ; limite abrupte (4 cm).

90 - 120 cm : horizon en voie de cuirassement.

Notes additionnelles : profil situé sur zone végétalisée. La caractéristique principale de ce profil est le recouvrement sableux (23 cm) consolidé, lui conférant une structure massive.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 07 DABLO II

Date: 21/12/98

Auteurs : ZOMBRE N. et KISSOU R.

Localisation : Dablo II

Classification CPCS : Sol ferrugineux lessivé induré profond en carapace

Position physiographique : Moyenne pente de glacis de dénudation

Microtopographie : Quelques petits piègeage de sable

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 0,5 %

Végétation : savane claire à *Ctenium elegans*, *Leptudernia hastata* et *Pennisetum pedicellatum*

Utilisation actuelle :

Matériau parental :

Affleurements :

Drainage : Normal

Etat de surface :

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : Nappe

Type d'érosion :

Commentaires

0 - 19 cm : brun jaunâtre clair (10YR 6/4) à l'état sec, brun jaunâtre (10YR 5/6) à l'état humide ; texture sablo-limoneuse ; 1 % de graviers ferrugineux et litage de sable ; structure massive ; consistance peu dure ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; nombreuses racines très fines, fines ; activité biologique bien développée ; limite abrupte (5 cm).

19 - 53 cm : brun jaunâtre (10YR 5/8) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR 4/6) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; structure massive ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; peu nombreuses racines très fines et fines ; activité biologique moyennement développée ; limite graduelle (12 cm).

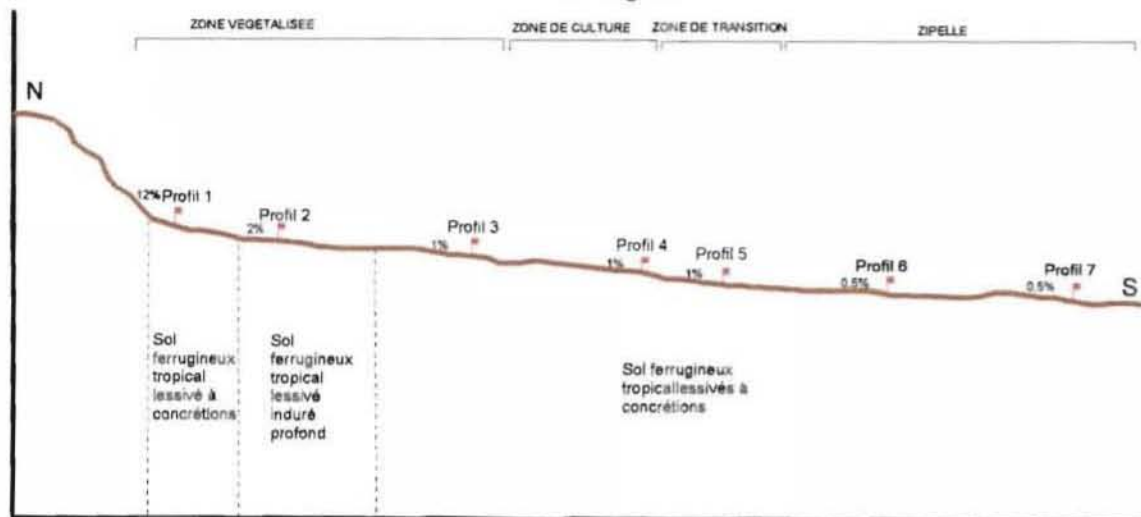
53 - 100 cm : jaune brunâtre (10YR 6/8) à l'état sec, brun jaunâtre (10YR 5/6) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins et fins ; rares racines très fines, fines, moyennes mortes ; activité biologique moyennement développée ; limite abrupte irrégulière (4 cm).

Notes additionnelles : profil est situé sur zone de transition. Nous avons un dépôt de sable dans le 1^{er} horizon avec un système racinaire très fin où se développe une activité biologique très intense.

ANNEXE 8 : TRANSECTS DE DABLO I ET DABLO II

TRANSECT DE DABLO I

N 297 degrés



Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions

Sol ferrugineux tropical lessivé induré profond

Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions

Profil 3

0	LS
7	LA5
20	LA
87	LA
95	AL
128	

Profil 5

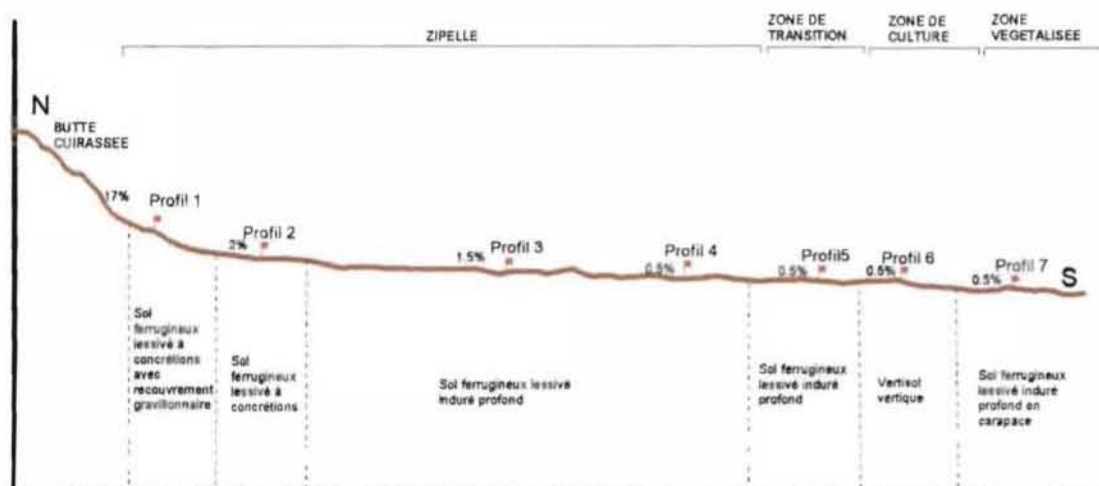
0	LS
13	LS
42	A
62	A
120	

Profil 6

0	LS
16	LS
36	LS
62	LA
128	

TRANSECT DE DABLO II

N 252 degrés



BUTTE CUIRASSEE

Sol ferrugineux lessivé à concrétions avec recouvrement gravillonnaire

Sol ferrugineux lessivé à concrétions

Sol ferrugineux lessivé induré profond

Sol ferrugineux lessivé induré profond

Vertisol vertique

Sol ferrugineux lessivé induré profond en carapace

Profil 4

0	LS
24	LA
64	LA
74	LA

Profil 5

0	SL
25	LS
45	LA
90	
120	

Profil 7

0	SL
18	LA
53	LA
100	

ANNEXE 9 : DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES PROFILS A NAMISSIGUIMA

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 06 NAMISSIGUIMA

Date: 21/12/98

Auteurs :

Localisation :

Classification CPCS (1967) : Sol ferrugineux lessivé hydromorphe

Végétation : très lâche en *Boscia senegalensis*

Utilisation actuelle :

Position physiographique : moyenne pente de glacis de dénudation

Microtopographie : monticule de sable aux pieds de *Boscia senegalensis*

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 1%

Matériau parental :

Affleurements : aucun

Drainage : modéré

Etat de surface : très dénudée

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : nappe

Type d'érosion :

Commentaires

0 - 9 cm : gris clair (10YR 7/2) à l'état sec et gris (10YR 5/1) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; structure massive ; consistance dure; peu nombreux pores très fins, fins ; racines inexistantes ; activité biologique faiblement développée ; limite graduelle (10 cm).

9 - 37 cm : brun très pâle (10YR 7/4) à l'état sec , brun jaunâtre à l'état humide (10YR 5/6); texture limono-argileuse ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins ; racines inexistantes; activité biologique faiblement développée; limite graduelle (10 cm).

37 -77 cm : brun très pâle (10YR 7/8) à l'état sec, jaune brunâtre (10YR8/8) à l'état humide; 5% de taches jaunes rougeâtre (7.5YR 6/6) à l'état sec, brun fort (7.5YR 5/6) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; 3% de concrétions ferrugineuses ; structure massive ; consistance dure; peu nombreux pores très fins, fins ; racines inexistantes ; activité biologique non évidente; limite distincte (5 cm).

77 - 96cm : brun très pâle (10Yr 7/3) à l'état sec, jaune brunâtre (10YR 6/6) à l'état humide ; texture limo-argileuse ; structure massive ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins ; racines inexistantes ; activité biologique non évidente.

Notes additionnelles : profil situé en zone dénudée.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 07 NAMISSIGUIMA

Date: 21/12/97

Auteurs : ZOMBRE N. et KISSOU R.

Localisation : Namissiguima

Classification CPCS (1967) : Sol hydromorphe à pseudogley

Végétation : *Mitragina inermis*, *Adansonia digitata*, une strate de *Cassia sieberiana*,
Combretum glutinosum, *Piliostigma reticulatum*

Position physiographique : cuvette de décantation

Microtopographie : monticule de sable aux pieds de *Boscia senegalensis*

Topographie environnante : cuvette

Pente : 0.5%

Matériau parental :

Affleurements : aucun

Drainage : imparfait

Etat de surface :

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : non évident

Type d'érosion :

Commentaires

0 - 5 cm : brun très pâle (10YR 7/4) à l'état sec et brun jaunâtre (10YR 5/6) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; structure polyédrique subangulaire faiblement développée en éléments grossiers, moyens ; consistance tendre; nombreux pores très fins, fins,moyens ; nombreuses racines très fines, fines ; activité biologique bien développée ; limite distinct (5cm).

5 - 21 cm : gris brunâtre clair (10YR 6/2) à l'état sec , brun grisâtre (10YR 5/2) à l'état humide ; 3% de taches jaune rougeâtre (7.5YR 7/8) à l'état sec, jaune rougeâtre (7.5YR 6/8) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; structure massive ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, fins, moyens ; nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières; activité biologique bien développée; limite graduelle (12 cm).

21 -70 cm : gris (10YR 6/1) à l'état sec, brun grisâtre (10YR 5/2) à l'état humide; 7% de taches jaunes brunâtre (10YR 6/8) à l'état sec, jaune brunâtre (10YR 6/8) à l'état humide ; texture argileuse ; structure polyédrique angulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens ; consistance dure; peu nombreux pores très fins, fins moyens ; nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières ; activité biologique développée ; limite graduelle (12 cm).

70 - 120cm : gris brunâtre clair (10YR 6/2) à l'état sec, gris (10YR 5/1) à l'état humide ; 5% de taches sombres (7.5YR 4/6) à l'état sec, brun fort (7.5YR 5/8) à l'état humide ; texture argileuse ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins et moyens ; rares racines très fines et fines ; activité biologique moyennement développée.

Notes additionnelles : profil situé en zone végétalisée.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 08 NAMISSIGUIMA

Date: 21/12/97

Auteurs : ZOMBRE N. et KISSOU R.

Localisation : Namissiguima

Classification CPCS (1967) : Sol hydromorphe à pseudogley d'ensemble avec recouvrement sableux

Végétation : *Combretum micranthum*

Utilisation actuelle : passage d'animaux

Position physiographique : bas de pente de glacis de dénudation

Microtopographie : monticule de sable

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 1%

Matériau parental :

Affleurements : aucun

Drainage : modéré

Etat de surface : très dénudée

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : nappe et rigole

Commentaires

0 - 16 cm : orange gris (7.5YR 7/4) à l'état sec et brun fort (7.5YR 5/6) à l'état humide ; texture sablo-limoneuse ; nombreux grains de quartz ; structure particulière ; consistance tendre ; nombreux pores très fins, fins ; assez nombreuses racines très fines, fines ; activité biologique bien développée ; limite abrupte (3 cm).

16 - 40 cm : gris brunâtre clair (10YR 6/2) à l'état sec , brun jaunâtre à l'état humide (10YR 5/3); quelques taches diffuses jaune brunâtre (10YR 6/8) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR 4/6) à l'état humide ; texture argileuse ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins ; rares racines très fines, fines ; activité biologique moyennement développée; limite graduelle (12 cm).

40 -110 cm : gris clair (10YR 7/2) à l'état sec, brun grisâtre sombre (10YR 4/2) à l'état humide; 2% de taches jaune rougeâtre (7.5YR 7/6) à l'état sec, brun fort (7.5YR 5/6) à l'état humide ; texture argileuse ; structure massive ; consistance dure; peu nombreux pores très fins, fins ; racines inexistantes ; activité biologique non évidente; quelques concrétions ferrugineuses.

Notes additionnelles : profil situé en zone de transition. Il se caractérise par un recouvrement sableux d'une moyenne de 16cm. Le 2^{ème} horizon présente une structure moyenne avec des fentes de retrait. Par contre, le 3^{ème} horizon reste massif.

ANNEXE 10 : DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES PROFILS A SOUBEIRA

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 02 SOUBEIRA

Date: 22/01/98

Auteurs : ZOMBRE n. et KISSOU R.

Localisation : Soubeira

Classification CPCS : Sol brun eutrophe tropical ferrugineux faciès hydrocuorphe à horizon
A décapé

Position physiographique : haut de pente de glacis de dénudation

Microtopographie : néant

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 1 %

Végétation: Aucune

Utilisation actuelle :

Matériau parental : Schiste

Affleurements :

Drainage : Normal jusqu'à 30 cm, modéré après

Etat de surface : Epanchage de graviers et gravillons ferrugineux

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : Nappe

Type d'érosion :

Commentaires

0 - 10 cm : brun jaunâtre clair (10YR 6/4) à l'état sec et brun jaunâtre sombre (10YR 4/4) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; quelques graviers ferrugineux ; structure massive ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, fins, moyens ; racines inexistantes ; activité biologique faiblement développée ; limite distincte (5 cm);

10 - 30 cm : jaune (10YR 7/8) à l'état sec, brun jaunâtre (10YR 5/8) à l'état humide ; texture argilo-argileuse ; 1 % de concrétions ferro-manganitiques ; structure massive ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, fins, moyens ; racines inexistantes ; Activité biologique faiblement développée ; limite graduelle (10 cm);

30 -54 cm : jaune (10YR 7/8) à l'état sec, jaune brunâtre (10YR 6/8) à l'état humide ; Quelques tâches gris clair (10YR 7/2) à l'état sec, brun pâle à l'état humide ; texture limono-argileuse ; 1 % de concrétions ferro-manganitiques ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens, fins ; consistance peu dure ; nombreux pores très fins, fins moyens et larges ; racines inexistantes ; activités biologique faiblement développée ; limite graduelle (10 cm).

54 - 84 cm : jaune (10YR 7/8) à l'état sec, jaune brunâtre (10YR 6/8) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; 10 % de concrétions ferro-manganitiques ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens, fins, très fins ; consistance dure ; nombreux pores très fins, fins moyens ; réaction à l'acide chlorhydrique (HCl) présence de calcaire (CaCO₃) ; racines inexistantes ; activités biologique faiblement développée ; limite distincte.

84 - 120 cm : jaune (10YR 7/8) à l'état sec, jaune brunâtre (10YR 6/8) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; 7 % de concrétions ferro-manganitiques ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens, fins ; consistance dure ; peu nombreux pores très fins, fins ; réaction à l'acide chlorhydrique (HCl), présence de calcaire CaCO₃) ; racines inexistantes ; activités biologique non évidente.

Notes additionnelles : Ce profil est situé en zone dénudée. Il se caractérise par son horizon B présentant une structure moyennement développée avec présence de calcaire. Le 3^{ème} horizon possède aussi de nombreuses poches à coprolites.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 06 SOUBEIRA

Date: 22/01/98

Auteurs : ZOMBRE N. et KISSOU R.

Localisation : Soubeira

Classification CPCS : Sol brun Eutrophe ferrugineux

Position physiographique : Bas de pente de glacis de dénudation

Microtopographie : termitières

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 0,5 %

Végétation: Strate arbustive composée de *Combretum micranthum* ; *Combretum glutinosum* ; *Diospiros mespilifomis* ; Strate arborée à *Tamarindus indica* ; *Anogeissus leïocarpus*;

Utilisation actuelle :

Matériau parental : Schiste

Affleurements :

Drainage : Normal jusqu'à 33 cm, modéré après

Etat de surface : Néant

Etat hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : Nappe

Type d'érosion :

Commentaires

0 - 10 cm : brun (10YR 5/3) à l'état sec et brun jaunâtre sombre (10YR 4/4) à l'état humide ; texture est limoneuse ; structure massive ; consistance dure ; nombreux pores, très fins, fins, moyens et larges ; peu nombreuses racines très fines, fines et moyennes ; activité biologique bien développée ; limite graduelle (10 cm);

10 - 33 cm : brun jaunâtre (10YR 5/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR 3/6) à l'état humide ; Texture argilo-limoneux ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments moyens et fins ; consistance est dure ; nombreux pores très fins, fins moyens et larges ; nombreuses racines grossières, très fines, fines ; activité biologique bien développée ; limite distincte (5 cm).

33 - 55 cm : brun jaunâtre (10YR 5/6) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR 4/6) à l'état humide ; texture argileuse ; 2 % de concrétions ferro-manganitiques ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens, fins ; consistance dure ; assez nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; peu nombreuses racines grossières très fines, fines ; activités biologique bien développée ; limite graduelle (10 cm).

55 - 127 cm : jaune (10YR 7/6) à l'état sec, jaune (10YR 8/8) à l'état humide ; 3 % de tâches bruns jaunâtres (7,5YR 5/6) à l'état sec, brun jaunâtre (7,5YR 5/8) à l'état humide ; texture argileuse ; 7 % de concrétions ferro-manganitiques ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens, fins ; consistance dure ; assez nombreuses pores très fins, fins ; réaction à l'acide chloridrique (HCl), présence du calcaire (CaCO₃) ; peu nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières ; activités biologique moyennement développée.

Notes additionnelles : Ce profil se situe dans une zone de transition. Il se caractérise par une structure moyennement développée dans l'ensemble, avec un bon enracinement des ligneux.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PROFIL 07 SOUBEIRA

Date: 22/01/98

Auteurs : ZOMBRE N. et KISSOU R.

Localisation : Soubeira

Classification CPCS : Vertisol hydroworphe vertique

Utilisation actuelle :

Position physiographique : zone de passage d'eau

Microtopographie : termitières

Topographie environnante : quasi plane

Pente : 0,5 %

Végétation: Savane arborée claire à *Vitellaria paradoxa* ; *Anogeissus leiocarpus* ; *Khaya Senegalensis* avec une strate arbustive à *Piliostigma reticulatum* ; *Diospiros mospiliformis* ; *Courbretum glutinosum*;

Matériau parental : Alluvions

Affleurements :

Drainage : Modéré

État de surface : néant

État hydrique: sec sur tout le profil

Erosion : Non évidente

Type d'érosion :

Commentaires

0 - 5 cm : gris brunâtre clair (10YR 6/2) à l'état sec et brun (10YR 4/3) à l'état humide ; texture est limono-argileuse ; structure polyédrique subangulaire faiblement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; nombreuses faces de glissement ; nombreux pores, très fins, fins, moyens et larges ; nombreux racines très fines, fines et moyennes ; activité biologique bien développé ; limite abrupte (2 cm).

5 - 16 cm : brun grisâtre (2,5YR 5/2) à l'état sec, brun rougeâtre (2,5YR 4/4) à l'état humide ; texture argilo-limoneux ; structure polyédrique subangulaire moyennement développé en éléments grossiers, moyens, fins ; consistance dure ; nombreux faces de glissements ; nombreux pores très fins, fins, moyens ; nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières ; activité biologique bien développée ; limite diffuse (13 cm);

16 -56 cm : gris clair (2,5YR 7/2) à l'état sec, brun olive clair (2,5YR 5/4) à l'état humide ; quelques tâches gris clair (2,5YR 7/0) à l'état sec, brun grisâtre (2,5YR 5/2) à l'état humide ; texture argileuse ; quelques rares graviers ferrugineux ; structure prismatique moyennement développée en éléments grossiers, moyens ; consistance dure ; nombreuses faces de glissement ; nombreux pores très fins, fins ; nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières ; activités biologique faiblement développée ; limite diffuse (13 cm);

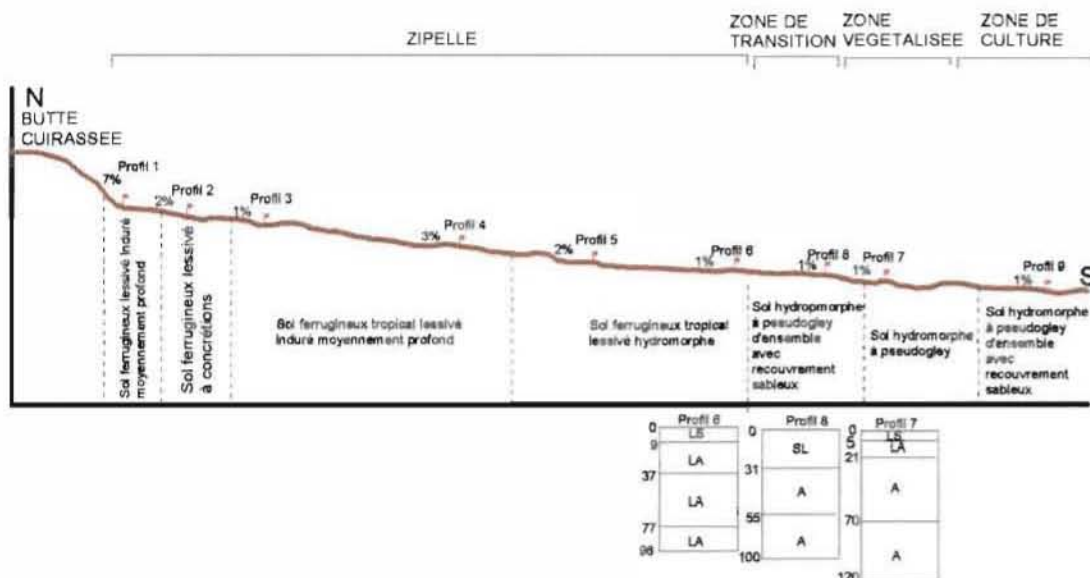
56 - 130 cm : gris clair (2,5YR 7/2) à l'état sec, brun olive clair (2,5YR 5/4) à l'état humide ; quelques tâches grises claires (2,5YR 7/0) à l'état sec, grises claires (2,5YR 7/2) à l'état humide ; texture argileuse ; structure prismatique en éléments grossiers ; consistane dure ; nombreuses faces de glissement ; peu nombreux pores très fins, fins ; assez nombreuses racines très fines, fines et moyennes ; activités biologique non évidente.

Notes additionnelles : Ce profil se situe dans une zone végétalisée. Il présente une couleur brun grisâtre avec de larges fentes de retraits atteignant facilement 4 cm de larges ; nombreuses faces de glissements sont observées dans le 3^{ème} horizon; la structure est prismatique à partir du 2^{ème} horizon.

ANNEXE 11 : TRANSECTS DE NAMISSIGUIMA ET SOUBEIRA

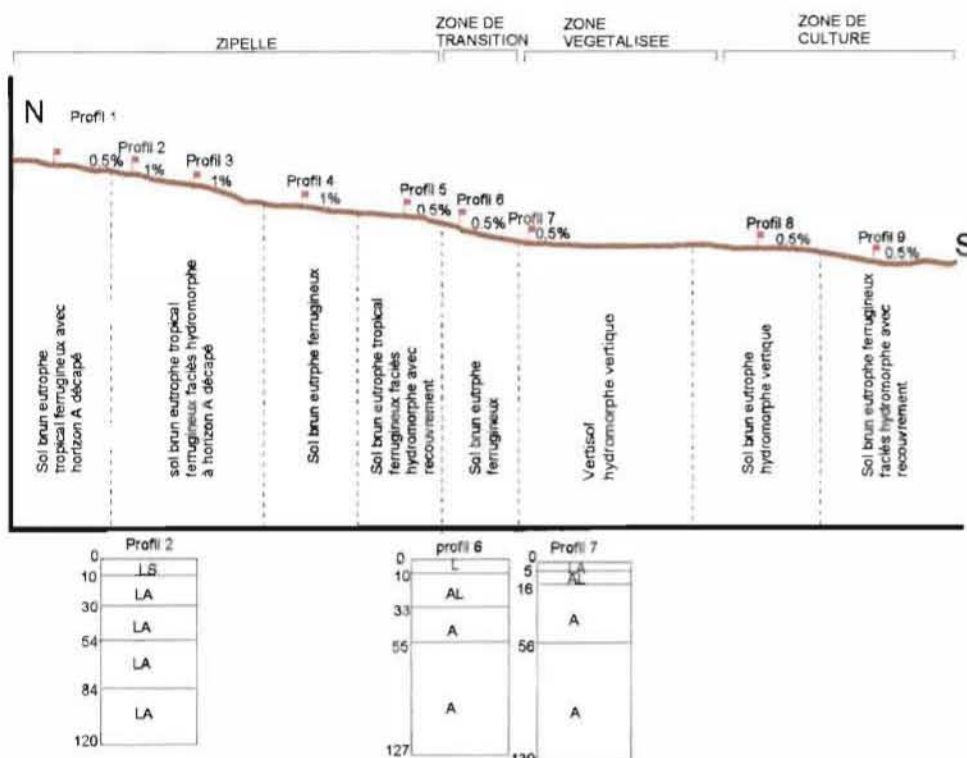
TRANSECT DE NAMISSIGUIMA

N 270 degrés



TRANSECT DE SOUBEIRA

N 81 degrés



**ANNEXE 12 : COORDONNEES GPS RELEVES LORS DE LA SORTIE
DE VALIDATION**

Zone de Kongoussi

Fichier et n° d'enregistrement	n° de PVA concernée	Repère identifié	Coordonnées UTM en mètres	
			Latitude (X)	Longitude (Y)
KOK 600	6644	croisement à l'entrée de Sabcé, voie de kongoussi piste de Tambiougou	6 599 88	14 587 14
KOK 601	6644	coisement de pistes à la pointe Sud de la butte cuirassée de Tambiougou	6 449 95	14 592 83
KOK 602	6646	coisement à Riligo, piste Tikaré et piste Kongoussi	6 407 86	14 658 70
KOK 603	6651	croisement de voies à l'entrée de Loaga	6 459 04	14 725 70
KOK 604	6707	croisement de pistes à Sakou	6 457 10	14 753 45
KOK 605	6652	site expérimental de Loaga	6 483 60	14 722 38
KOK 606	6653	bâtiment FJA à Rissiam	6 542 35	14 718 67
KOK 607	6653	rond-point de Kongoussi	6 596 39	14 730 52
KOK 608	6705	pointe Sud , butte cuirassée de Niénéga	6 542 79	14 755 37
KOK 609	6705	site expérimental de Niénéga	6 533 49	14 752 07
KOK 700	6704	point de traversée de la voie Kongoussi-Djibo entre deux buttes à Kora	6 576 73	14 791 62
KOK 701	6653	butte à sommet arrondi, 7km à l'entrée de Kongoussi	6 580 81	14 656 93

Zone de Dablo

Fichier et n° d'enregistrement	n° de PVA concernée	Repère identifié	Coordonnées UTM en mètres	
			Latitude (X)	Longitude (Y)
DAK 600	7283	entre deux buttes cuirassées, à 2.5km à l'entrée de Dablo	6 979 41	15 140 45
DAK 601	7283	entre deux 1 ^{ères} buttes au Nord de Dablo après traversée du bas-fond principal	6 975 50	15 183 19
DAK 602	7241	pointe Sud butte cuirassée à 1km au Nord de Norakinga	7 009 12	15 265 01
DAK 603	7203	pointe Est 2 ^{ème} butte cuirassée à l'Ouest de la voie Kelbo-Djibo, à 7km au Nord de Kelbo	6 975 41	15 401 52
DAK 604	7241	site de Dablo II	6 984 63	15 223 22
DAK 605	7283	point central de la digue du barrage de Dablo	6 951 34	15 176 19
DAK 606	7283	site de Dablo I	6 974 10	15 112 20

Zone de Namissiguima

Fichier et n° d'enregistrement	n° de PVA concernée	Repère identifié	Coordonnées UTM en mètres	
			Latitude (X)	Longitude (Y)
NAK 600	6962	pointe Nord butte à 5km à l'Ouest de Namissiguima	6 914 00	14 942 00
NAK 601	6926	pointe Nord butte à 6km au Sud-est de Nagraogo	6 939 00	14 883 00
NAK 602	6925	pointe Est longue butte à 2.5km au Sud de Boulsibdonga	6 870 00	14 873 00
NAK 603	6924	pointe Ouest plateau non cuirassée à 1.25km à l'Est de Ranga	6 799 00	14 846 00
NAK 604	6962	pointe Nord butte cuirassée à 3km au Nord de Minguèl	6 908 00	15 010 00
NAK 605	7006	pointe Sud butte cuirassée à 9km au Nord de Mokataka	6 939 00	15 094 00
NAK 606	6962	site de Namissiguima	6 898 00	14 934 00

Zone de Soubeira

Fichier et n° d'enregistrement	n° de PVA concernée	Repère identifié	Coordonnées UTM en mètres	
			Latitude (X)	Longitude (Y)
SOK 600	7792	pointe Ouest butte cuirassée à 1.5km à l'entrée de Soubeira	7 251 57	14 169 66
SOK 601	7792	croisement piste allant au barrage, piste de Dadogo	7 268 35	14 167 35
SOK 603	7794	point de courbure digue en terre barrage de Soubeira	7 275 59	14 153 47
SOK 604	7794	point extrême Sud de la digue en béton du barrage de Soubeira	7 276 70	14 147 70
SOK 606	7769	haute butte isolée, côté Nord-ouest des habitations à Dadogo	7 261 21	14 212 55
SOK 607	7794	bâtiment, école primaire de Zaomba	7 373 05	14 140 50
SOK 608	7794	site de Soubeira	7 304 63	14 164 56

ANNEXE 13 : NORMES D'INTERPRETATION DES ANALYSES CHIMIQUES

Normes ORSTOM pour l'appréciation qualitative de quelques caractéristiques des sols tropicaux.

En ‰ de la terre tamisée à 2 mm	Très pauvre	Pauvre	Très riche	Moyen	Riche
Phosphore assimilable (I)	< 0,03	0,03 à 0,05	> 0,2	0,05 à 0,1	0,1 à 0,2
Phosphore total	< 0,5	0,5 à 1,0	> 3,0	1,0 à 1,5	1,5 à 3,0
Azote total (I)	< 0,5	0,5 à 1,0	> 2,5	1,0 à 1,5	1,0 à 2,5
Matière Organique totale	< 10	10 à 30	> 50	20 à 30	30 à 50

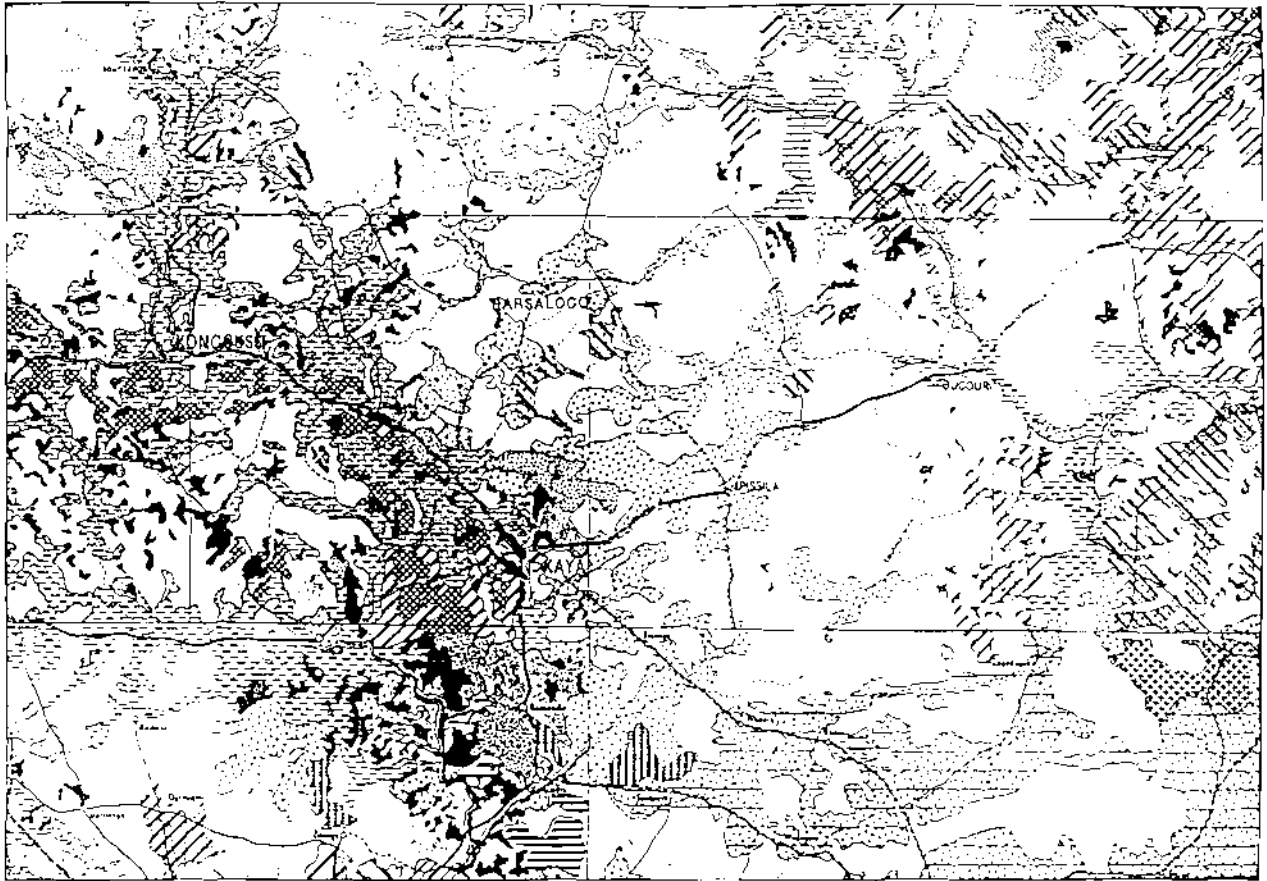
Normes du BUNASOLS pour l'appréciation des teneurs en éléments minéraux dans les échantillons de sols.

Elément	Appréciation en fonction de la teneur				
	Très bas	Bas	Moyen	Elevé	Très élevé
Matière Organique %	< 0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	> 3
Azote total %	< 0,02	0,02 - 0,06	0,06 - 0,10	0,10 - 0,14	> 0,14
Phosphore total (ppm)	< 100	100 - 200	200 - 400	400 - 600	> 600
Potassium total (ppm)	< 500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 4000	> 4000

Normes ORTOM pour l'appréciation de l'acidité du sol.

Valeur de pHeau	Réaction du sol
< 4.5	Extrêmement acide
4.5 - 5.0	Très fortement acide
5.1 - 5.5	Fortement acide
5.6 - 6.0	Moyennement acide
6.1 - 6.5	Faiblement acide
6.6 - 7.3	Neutre
7.4 - 7.8	Légèrement alcalin
7.9 - 8.4	Modérément alcalin
8.5 - 9.0	Fortement alcalin
> 9.0	Très fortement alcalin

ANNEXE 14 : PEDOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE



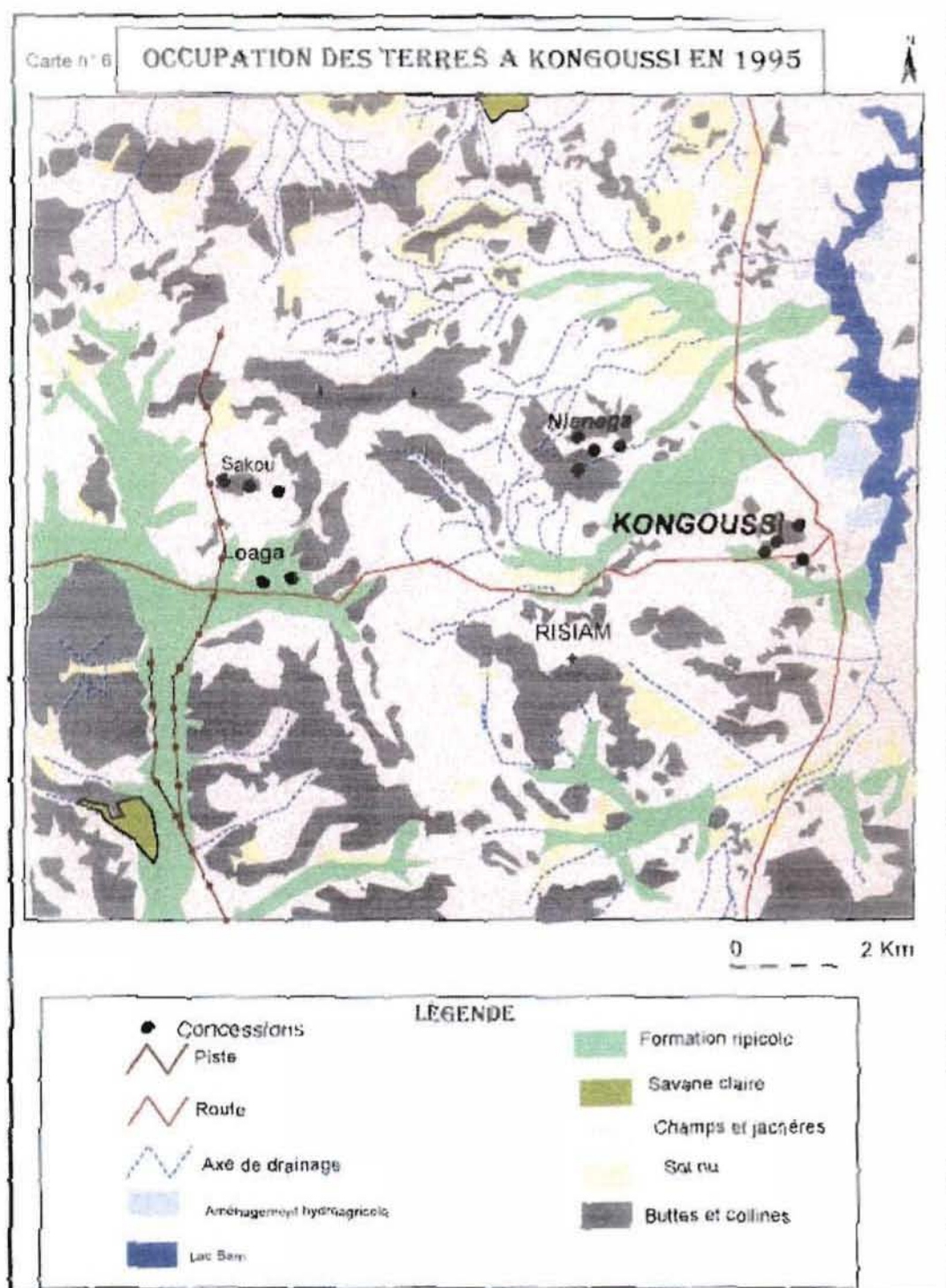
LEGENDE

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Lithosol sur cuirasse ferrugineuse Lithosol sur roches diverses Sol régique associé à lithosol Lithosol associé à sol ferrugineux tropical remanié Sol régique associé à sol ferrugineux lessivé (ou appauvri) Sol ferrugineux tropical peu lessivé Sol ferrugineux tropical peu lessivé sur sable éolien Sol ferrugineux tropical à taches et concrétions Sol ferrugineux tropical peu lessivé associé à sol hydromorphe Sol brun eutrophe vertique sur matériau argileux Sol brun eutrophe vertique associé à lithosol | <ul style="list-style-type: none"> Sol brun eutrophe vertique associé à sol ferrugineux peu lessivé Sol brun eutrophe vertique associé à sol gravillonnaire Sol vertique sur matériau argileux Vertisol halomorphe modal Sol hydromorphe à pseudogley hétérotrophe Sol hydromorphe à pseudogley structuré sur matériau argilo-sableux Sol hydromorphe à pseudogley structuré associé à sol ferrugineux peu lessivé Sol halomorphe |
|---|---|

Echelle : 1/1000000

Source : Carte pédologique de reconnaissance de la république de Haute Volta, BOULET (1968)

ANNEXE 15 : CARTE D'OCCUPATION DES TERRES A KONGOUSSI EN 1995



Source: IGB 96/141R

ANNEXE 16 : PENETROMETRIE SUR LES DIFFERENTS SITES

(moyenne de six répétitions / profondeur de mesure).

Profondeur (cm)	2,5	5	9,5	15	25	45
Na - nu	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Na - trans	0,68	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Na - vég	0,07	0,09	0,13	0,16	0,15	0,13
So - nu	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
So - trans	0,64	0,75	0,68	0,76	0,71	0,70
So - vég	0,46	0,54	0,47	0,29	0,17	0,13
Da I - nu	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Da I - trans	0,90	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00
Da I - vég	0,49	0,46	0,52	0,48	0,24	0,18
Da II - nu	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Da II - trans	0,86	0,95	0,95	0,95	0,91	0,98
Da II - vég	0,82	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
Lo - nu	0,91	0,88	0,50	0,49	0,46	0,44
Lo - trans	0,90	0,84	0,57	0,53	0,49	0,58
Lo - vég	0,89	0,81	0,81	0,57	0,54	0,57
Ni - nu	1,00	0,83	0,81	0,81	0,79	0,93
Ni - trans	0,60	0,57	0,50	0,43	0,80	0,95
Ni - vég	0,59	0,53	0,43	0,58	0,56	0,93

Na = Namissiguima

So = Soubeira

Da I = Dablo I

Da II = Dablo II

Lo = Loaga

Ni = Niénéga

nu = état de surface nu

trans = état de surface de transition

vég = état de surface végétalisé

NB: Les pressions sont en mégaPascal (MPa)

**ANNEXE 17 : TABLE D'ATTRIBUTS DE LA COUVERTURE "RELIEF" DE
LA CARTE GEOMORPHOLOGIQUE DE KONGOUSSI**

Shape	Area	Perimeter	Relief	Relief Id	Unité gdc	Area ha	Area %
Polygon	8256781.00000	17591.280000	2	10	glacis pente supérieure	825.88	0.73
Polygon	9969085.00000	28859.100000	3	11	glacis pente moyenne	996.91	1.16
Polygon	856848.900000	5212.808000	4	12	affleurement rocheux	85.98	0.10
Polygon	999719.800000	15260.890000	5	13	bas-fond	99.97	0.12
Polygon	2066214.00000	10061.350000	6	14	glacis pente moyenne	206.62	0.24
Polygon	1894692.00000	6385.028000	7	15	plateau cuirassé	189.47	0.20
Polygon	58997520.0000	203088.900000	8	16	glacis pente supérieure	5899.75	8.77
Polygon	1205705.00000	5152.506000	9	17	plateau cuirassé	120.57	0.14
Polygon	1448698.00000	6558.254000	10	18	butte cuirassée	144.87	0.17
Polygon	231815.000000	2042.237000	11	19	butte cuirassée	23.18	0.03
Polygon	123686.200000	1327.078000	12	20	butte rocheuse	12.37	0.01
Polygon	95970.300000	1210.418000	13	21	butte cuirassée	9.60	0.01
Polygon	157882.700000	1787.842000	14	22	butte rocheuse	15.79	0.02
Polygon	1258220.00000	5424.560000	15	23	butte rocheuse	125.92	0.15
Polygon	3942028.00000	14289.300000	16	24	affleurement rocheux	394.20	0.46
Polygon	1747499.00000	6076.072000	17	26	butte cuirassée	174.75	0.20
Polygon	45343.460000	880.059000	18	27	butte cuirassée	4.53	0.01
Polygon	221745.700000	1848.861000	19	28	glacis pente supérieure	22.17	0.03
Polygon	188443.100000	1888.298000	20	29	butte cuirassée	18.84	0.02
Polygon	110982.200000	1669.191000	21	30	butte rocheuse	11.10	0.01
Polygon	2738749.00000	11243.010000	22	31	glacis pente moyenne	273.87	0.32
Polygon	110181.400000	1336.711000	23	32	butte rocheuse	11.02	0.01
Polygon	10894940.0000	24405.570000	24	33	plaine	1089.49	1.27
Polygon	7601707.00000	20350.010000	25	34	butte rocheuse	760.18	0.91
Polygon	1784799.00000	7967.803000	26	35	butte cuirassée	178.48	0.21
Polygon	5390552.00000	26110.920000	27	36	glacis pente moyenne	539.06	0.63
Polygon	413846.500000	3100.206000	28	37	butte cuirassée	41.38	0.05
Polygon	708645.100000	4183.863000	29	38	butte cuirassée	70.86	0.08
Polygon	9637236.00000	41852.160000	30	39	lac bar	963.72	1.16
Polygon	440094.000000	4959.148000	31	40	affleurement rocheux	44.01	0.05
Polygon	679541.400000	3785.034000	32	41	butte cuirassée	67.95	0.08
Polygon	13995480.0000	59293.090000	33	42	plaine	1399.55	1.63
Polygon	158856.500000	1873.535000	34	43	butte cuirassée	15.89	0.02
Polygon	310067.800000	4017.187000	35	44	glacis pente inférieure	31.01	0.04
Polygon	96543.410000	1286.205000	36	45	butte cuirassée	9.65	0.01
Polygon	720960.800000	3729.046000	37	46	butte cuirassée	72.10	0.08
Polygon	2209396.00000	15231.230000	38	47	butte cuirassée	220.94	0.26
Polygon	147823.900000	1877.161000	39	48	butte cuirassée	14.78	0.02
Polygon	414710.200000	2573.282000	40	49	butte cuirassée	41.47	0.05
Polygon	98736.630000	1347.294000	41	50	butte cuirassée	9.87	0.01
Polygon	28474680.0000	46902.220000	42	51	glacis pente inférieure	2847.47	3.32
Polygon	68932.090000	1109.833000	43	52	butte cuirassée	6.89	0.01
Polygon	945016.700000	5865.063000	44	53	plateau cuirassé	94.50	0.11
Polygon	123730.400000	1702.806000	45	55	butte cuirassée	12.37	0.01
Polygon	7472742.00000	28572.610000	46	57	glacis pente moyenne	747.27	0.87
Polygon	109916.800000	1304.945000	47	58	butte cuirassée	10.99	0.01
Polygon	3222959.00000	15491.180000	48	59	glacis pente moyenne	322.30	0.38
Polygon	1200920.00000	7892.203000	49	60	butte cuirassée	120.09	0.15
Polygon	38.312500	34.179110	50	81	butte cuirassée	0.00	0.00
Polygon	118782.800000	1622.700000	51	62	butte cuirassée	11.88	0.01
Polygon	204986.400000	1963.970000	52	83	affleurement rocheux	20.50	0.02
Polygon	451342.600000	3028.243000	53	65	butte cuirassée	45.13	0.05
Polygon	3241140.00000	19994.430000	54	66	glacis pente inférieure	324.11	0.38
Polygon	188110.900000	1800.857000	55	67	butte cuirassée	18.81	0.02
Polygon	883650.00000	9444.132000	56	68	bas-fond	883.65	1.03
Polygon	256697.100000	2192.405000	57	69	butte cuirassée	25.67	0.03
Polygon	4606314.00000	20381.180000	58	70	glacis pente supérieure	460.63	0.54
Polygon	388029.100000	3032.524000	59	71	butte cuirassée	38.80	0.05
Polygon	1949194.00000	14474.450000	60	72	glacis pente inférieure	194.92	0.23
Polygon	70430.300000	1074.201000	61	73	butte cuirassée	7.04	0.01
Polygon	101339.300000	1197.384000	62	74	affleurement rocheux	10.13	0.01
Polygon	17345730.0000	184038.200000	83	10	bas-fond	1734.57	2.02
Polygon	253840.300000	2498.281000	64	76	butte cuirassée	25.38	0.03
Polygon	97137.160000	1495.092000	65	77	butte cuirassée	9.71	0.01
Polygon	199441.500000	2693.979000	66	78	butte rocheuse	19.94	0.02

Shape	Area	Perimeter	Point3	Point3_x1	Unit_géo	Area_ha	Area_%	
Polygon	197859.600000	2116.483000		67	79	butte cuirassée	19.77	0.02
Polygon	388617.600000	3422.860000		68	80	glacis pente moyenne	38.86	0.05
Polygon	148785.000000	2456.684000		69	81	butte cuirassée	14.98	0.02
Polygon	9534515.000000	23746.740000		70	82	butte rocheuse	953.45	1.11
Polygon	80541.950000	1128.977000		71	84	butte cuirassée	8.05	0.01
Polygon	231334.800000	2258.674000		72	85	butte cuirassée	23.13	0.03
Polygon	1673872.000000	13134.010000		73	86	plaine	167.38	0.22
Polygon	20682990.0000	84337.090000		74	11	affleurement rocheux	2068.30	2.41
Polygon	30135.810000	821.468300		75	88	glacis pente inférieure	3.01	0.00
Polygon	388535.800000	3168.614000		76	89	butte rocheuse	38.85	0.05
Polygon	2887230.000000	10363.920000		77	91	glacis pente moyenne	288.72	0.31
Polygon	379297.100000	2742.005000		78	92	glacis pente moyenne	37.93	0.04
Polygon	709959.200000	5160.453000		79	93	glacis pente inférieure	71.00	0.08
Polygon	93870.730000	1165.299000		80	94	butte rocheuse	9.37	0.01
Polygon	49200.300000	1007.683000		81	96	butte cuirassée	4.92	0.01
Polygon	1025597.000000	7999.857000		82	97	plaine	102.56	0.12
Polygon	363629.700000	2851.989000		83	98	butte cuirassée	36.36	0.04
Polygon	336187.300000	2252.390000		84	99	butte cuirassée	33.62	0.04
Polygon	975337.400000	6247.940000		85	100	glacis pente moyenne	97.53	0.11
Polygon	188583.700000	1886.991000		86	101	butte cuirassée	18.86	0.02
Polygon	1088812.000000	5320.762000		87	102	butte cuirassée	108.88	0.13
Polygon	543500.700000	4108.520000		88	103	butte cuirassée	54.35	0.06
Polygon	12728.340000	439.590300		89	104	butte cuirassée	1.27	0.00
Polygon	76898.620000	1031.612000		90	105	butte cuirassée	7.69	0.01
Polygon	207514.700000	2132.256000		91	106	butte cuirassée	20.75	0.02
Polygon	2640910.000000	17070.670000		92	107	plaine	264.09	0.31
Polygon	386723.900000	3144.527000		93	108	butte cuirassée	38.67	0.05
Polygon	337540.600000	3841.319000		94	109	glacis pente inférieure	33.75	0.04
Polygon	787967.100000	4146.873000		95	110	butte cuirassée	78.80	0.09
Polygon	1131176.000000	7622.577000		96	111	glacis pente moyenne	113.12	0.13
Polygon	2652579.000000	9649.185000		97	112	glacis pente inférieure	265.26	0.31
Polygon	827328.400000	4638.586000		98	113	glacis pente moyenne	82.73	0.10
Polygon	418652.500000	2790.387000		99	114	glacis pente inférieure	41.97	0.05
Polygon	687802.100000	4365.310000		100	115	glacis pente supérieure	68.78	0.08
Polygon	1689707.000000	6318.384000		101	116	butte cuirassée	168.97	0.19
Polygon	640386.100000	5412.353000		102	117	glacis pente moyenne	64.04	0.07
Polygon	241812.100000	2348.780000		103	118	butte cuirassée	24.18	0.03
Polygon	1450402.000000	10496.550000		104	120	glacis pente inférieure	145.04	0.17
Polygon	2523223.000000	11861.680000		105	121	glacis pente moyenne	252.32	0.29
Polygon	3494360.000000	10978.250000		106	122	plaine	349.44	0.41
Polygon	3764713.000000	18932.280000		107	123	glacis pente inférieure	376.47	0.44
Polygon	701722.800000	4232.715000		108	124	glacis pente moyenne	70.17	0.08
Polygon	987014.000000	4515.448000		109	125	butte cuirassée	98.70	0.12
Polygon	40092.750000	744.190300		110	126	butte cuirassée	4.01	0.00
Polygon	354868.500000	2477.003000		111	127	butte cuirassée	35.49	0.04
Polygon	2514578.000000	12406.500000		112	128	butte rocheuse	251.46	0.29
Polygon	1199375.000000	4814.405000		113	130	plateau cuirassé	119.94	0.14
Polygon	793209.400000	4595.803000		114	131	butte rocheuse	79.32	0.09
Polygon	35442760.0000	132154.400000		115	87	glacis pente supérieure	3544.28	4.13
Polygon	5384165.000000	10955.690000		116	132	butte rocheuse	538.42	0.63
Polygon	189878.500000	1837.779000		117	133	butte cuirassée	18.99	0.02
Polygon	16521.170000	487.756600		118	134	butte cuirassée	1.65	0.00
Polygon	52987.120000	863.684800		119	135	butte cuirassée	5.30	0.01
Polygon	1335347.000000	8192.595000		120	136	butte cuirassée	133.53	0.16
Polygon	281069.700000	2646.378000		121	137	affleurement rocheux	28.11	0.03
Polygon	2235289.000000	10240.040000		122	138	plaine	223.53	0.26
Polygon	2171639.000000	9649.484000		123	139	glacis pente inférieure	217.16	0.25
Polygon	320190.400000	2402.339000		124	140	butte rocheuse	32.02	0.04
Polygon	80971.960000	904.155000		125	141	butte cuirassée	8.10	0.01
Polygon	481035.300000	2944.204000		126	142	plateau cuirassé	48.10	0.06
Polygon	832865.800000	3473.907000		127	144	butte rocheuse	83.29	0.10
Polygon	820097.400000	6390.128000		128	145	glacis pente supérieure	82.01	0.10
Polygon	753136.200000	14558.840000		129	146	bas-fond	75.31	0.09
Polygon	6517431.000000	21831.810000		130	12	plaine	651.74	0.78
Polygon	264414.800000	2484.322000		131	148	butte cuirassée	26.44	0.03

Shape	Area	Perimeter	Relief3	Relief3_id	Unité_géo	Area_ha	Area (%)
Polygon	199734.400000	1821.671000	132	149	butte rocheuse	19.97	0.02
Polygon	1499944.000000	6284.705000	133	150	butte cuirassée	149.99	0.17
Polygon	1247718.000000	8465.147000	134	151	glacis pente inférieure	124.77	0.15
Polygon	1625329.000000	14154.440000	135	152	plaine	162.53	0.19
Polygon	3351009.000000	8680.841000	136	153	butte rocheuse	335.10	0.39
Polygon	1979910.000000	11062.580000	137	155	glacis pente moyenne	197.99	0.23
Polygon	207467.500000	1759.334000	138	156	butte rocheuse	20.75	0.02
Polygon	5704236.000000	19175.830000	139	157	glacis pente inférieure	570.42	0.67
Polygon	317013.800000	3922.520000	140	158	butte cuirassée	31.70	0.04
Polygon	313616.700000	2928.274000	141	159	glacis pente supérieure	31.36	0.04
Polygon	6131356.000000	28306.940000	142	161	glacis pente supérieure	613.14	0.71
Polygon	250092.000000	2001.784000	143	162	butte rocheuse	25.07	0.03
Polygon	10235250.000000	19831.400000	144	163	butte rocheuse	1023.53	1.19
Polygon	2115083.000000	16924.580000	145	164	glacis pente moyenne	211.51	0.25
Polygon	400006.900000	2650.731000	146	165	butte rocheuse	40.00	0.05
Polygon	4526473.000000	19875.850000	147	166	glacis pente moyenne	452.65	0.53
Polygon	494637.300000	3926.424000	148	167	butte cuirassée	49.46	0.06
Polygon	4749390.000000	26747.140000	149	75	plaine	474.94	0.55
Polygon	89092.410000	1101.609000	150	168	butte rocheuse	8.91	0.01
Polygon	78616.390000	1470.323000	151	169	butte cuirassée	7.86	0.01
Polygon	823889.100000	4883.752000	152	170	butte cuirassée	82.39	0.10
Polygon	1138449.000000	5513.742000	153	171	lac barn	113.84	0.13
Polygon	518661.900000	2760.644000	154	172	butte rocheuse	51.87	0.06
Polygon	6094460.000000	38922.700000	155	173	glacis pente supérieure	609.45	0.69
Polygon	485698.800000	3644.085000	156	174	butte cuirassée	48.57	0.06
Polygon	882824.600000	4730.461000	157	175	butte cuirassée	88.28	0.08
Polygon	586561.100000	4904.959000	158	176	butte cuirassée	58.66	0.07
Polygon	2668314.000000	8208.613000	159	178	butte rocheuse	266.83	0.31
Polygon	2384591.000000	11865.580000	160	179	butte rocheuse	238.50	0.28
Polygon	7679053.000000	150714.800000	161	180	butte rocheuse	767.90	0.89
Polygon	574853.400000	5891.653000	162	181	versant érodé	57.49	0.07
Polygon	209840.500000	1882.195000	163	182	butte cuirassée	20.98	0.02
Polygon	2379206.000000	15383.970000	164	183	plaine	237.92	0.28
Polygon	12317500.000000	29617.570000	165	184	butte rocheuse	1231.75	1.44
Polygon	384015.300000	3291.635000	166	185	versant érodé	38.40	0.04
Polygon	419535.100000	2979.394000	167	186	butte cuirassée	41.95	0.05
Polygon	331982.800000	2909.198000	168	187	butte cuirassée	33.20	0.04
Polygon	1483765.000000	14895.000000	169	189	affleurement rocheux	148.38	0.17
Polygon	230529.800000	1883.808000	170	190	butte cuirassée	23.05	0.03
Polygon	9632199.000000	25180.880000	171	191	butte rocheuse	963.22	1.12
Polygon	693528.200000	4498.820000	172	192	butte cuirassée	69.35	0.08
Polygon	68460.120000	1059.064000	173	194	butte cuirassée	6.85	0.01
Polygon	4595980.000000	48308.880000	174	201	bas-fond	459.60	0.54
Polygon	3992634.000000	13506.740000	175	195	butte rocheuse	399.26	0.47
Polygon	7290215.000000	18351.730000	176	196	versant érodé	729.02	0.85
Polygon	3458471.000000	15426.420000	177	197	glacis pente moyenne	345.85	0.40
Polygon	1204125.000000	7979.262000	178	198	versant érodé	120.41	0.14
Polygon	211289.700000	2020.619000	179	199	butte rocheuse	21.13	0.02
Polygon	389945.100000	2501.904000	180	200	butte cuirassée	38.99	0.05
Polygon	584132.900000	3652.365000	181	202	butte rocheuse	58.41	0.07
Polygon	164697.200000	1937.462000	182	203	butte rocheuse	16.47	0.02
Polygon	2392622.000000	8800.376000	183	204	plateau cuirassé	239.26	0.28
Polygon	609910.400000	5794.954000	184	205	versant érodé	60.99	0.07
Polygon	13200260.000000	63155.310000	185	206	versant érodé	1320.03	1.54
Polygon	4280649.000000	25072.880000	186	207	versant érodé	428.06	0.50
Polygon	204292.500000	2120.528000	187	208	butte cuirassée	20.43	0.02
Polygon	4073914.000000	11203.700000	188	209	glacis pente supérieure	407.39	0.48
Polygon	363588.300000	3212.923000	189	210	butte rocheuse	36.36	0.04
Polygon	764757.900000	4572.655000	190	211	plateau cuirassé	76.48	0.09
Polygon	23266320.000000	87528.320000	191	212	glacis pente moyenne	2326.63	2.71
Polygon	345046.500000	2198.048000	192	214	butte rocheuse	34.50	0.04
Polygon	4930777.000000	18916.180000	193	215	butte cuirassée	493.08	0.57
Polygon	483390.900000	4070.159000	194	216	versant érodé	48.34	0.06
Polygon	11316980.000000	35266.430000	195	217	glacis pente moyenne	1131.70	1.32
Polygon	8659355.000000	41547.850000	196	218	glacis pente supérieure	865.94	1.01

Classe	Area	Perimetre	PERIM	PERIM 2	Unité 666	Area ha	Area (%)
Polygon	3878482.00000	13931.500000	282	291	butte cuirassée	387.85	0.45
Polygon	508936.400000	4422.424000	283	292	glacis pente moyenne	50.69	0.06
Polygon	16299820.00000	73537.360000	284	293	glacis pente supérieure	1629.98	1.90
Polygon	636787.800000	3988.132000	285	294	versant érodé	63.66	0.07
Polygon	2097918.00000	7991.582000	286	295	plateau cuirassé	209.79	0.24
Polygon	348458.500000	2874.160000	287	296	butte rocheuse	34.85	0.04
Polygon	1388828.00000	6487.863000	288	298	butte cuirassée	138.88	0.16
Polygon	882227.500000	6979.545000	289	299	glacis pente moyenne	88.22	0.10
Polygon	433477.200000	3129.430000	270	300	plateau cuirassé	43.35	0.05
Polygon	2843917.00000	8782.333000	271	301	butte rocheuse	284.39	0.33
Polygon	8107725.00000	25784.750000	272	302	glacis pente moyenne	810.77	0.71
Polygon	1485410.00000	11250.425000	273	303	plaine	148.54	0.17
Polygon	947847.900000	4373.358000	274	306	butte rocheuse	94.78	0.11
Polygon	93403.580000	1351.652000	275	307	butte cuirassée	9.34	0.01
Polygon	75350.140000	1133.963000	276	308	butte cuirassée	7.54	0.01
Polygon	1328188.00000	9289.121000	277	15	butte cuirassée	132.82	0.15
Polygon	3478320.00000	10471.070000	278	306	plateau cuirassé	347.83	0.41
Polygon	1294420.00000	6875.966000	279	310	plateau cuirassé	129.44	0.15
Polygon	353239.800000	3090.836000	280	311	affleurement rocheux	35.32	0.04
Polygon	6298254.00000	22354.100000	281	313	butte rocheuse	629.83	0.73
Polygon	13038810.00000	18920.780000	282	314	butte rocheuse	1303.88	1.52
Polygon	351012.000000	2217.360000	283	315	butte rocheuse	35.10	0.04
Polygon	606231.400000	3552.889000	284	318	plateau cuirassé	60.62	0.07
Polygon	507981.300000	2721.934000	285	317	glacis pente supérieure	50.80	0.06
Polygon	1958124.00000	6668.240000	286	318	butte cuirassée	195.81	0.23
Polygon	1355749.00000	7271.122000	287	319	affleurement rocheux	135.57	0.16
Polygon	1007331.00000	4973.483000	288	320	glacis pente supérieure	100.73	0.12
Polygon	173991.100000	1548.294000	289	321	butte cuirassée	17.40	0.02
Polygon	788.238300	181.058900	290	322	glacis pente moyenne	0.79	0.00
Polygon	197044.100000	1844.161000	291	323	butte rocheuse	19.70	0.02
Polygon	822114.800000	10150.780000	292	325	bas-fond	82.21	0.10
Polygon	626802.400000	4717.545000	293	326	butte cuirassée	62.68	0.07
Polygon	1042088.00000	6333.979000	294	327	glacis pente moyenne	104.21	0.12
Polygon	389557.800000	3423.753000	295	329	butte cuirassée	38.96	0.05
Polygon	104783.900000	1188.349000	296	330	butte cuirassée	10.48	0.01
Polygon	14334190.00000	34515.930000	297	331	glacis pente moyenne	1433.42	1.67
Polygon	373450.300000	3646.377000	298	332	plaine	37.35	0.04
Polygon	748123.900000	7120.409000	299	333	bas-fond	74.81	0.09
Polygon	580309.100000	2869.415000	300	334	butte cuirassée	58.03	0.07
Polygon	2373472.00000	7809.758000	301	335	plateau cuirassé	237.35	0.28
Polygon	576550.100000	3106.349000	302	336	plateau cuirassé	57.66	0.07
Polygon	240233.700000	2181.935000	303	338	butte rocheuse	24.02	0.03
Polygon	529807.900000	4201.372000	304	339	butte cuirassée	52.98	0.06

RESUME

La problématique de la dégradation des ressources naturelles et du sol en particulier reste un sujet préoccupant dans le Centre-nord du Burkina Faso, où l'exploitation anarchique ou continue des sols sous un climat rude a entraîné un déséquilibre écologique important.

Par l'utilisation de la télédétection et des SIG, l'étude que nous avons menée dans quatre terroirs du Centre-nord, repartis dans les provinces du Bam et du Sanmatenga, a permis une localisation spatiale des sols nus sur les unités géomorphologiques, montrant ainsi l'impact du relief dans le phénomène de la dégradation des sols. Ces sols nus dont l'importance est accrue sur les glacis pente inférieure, moyenne et supérieure est fonction de la nature du relief résiduel et de la longueur des glacis.

L'analyse diachronique de l'occupation des terres entre 1955 et 1995 pour deux des quatre terroirs, révèle un important accroissement des sols nus, et des zones de culture qui ont plus que doublé.

Les tests de pénétrométrie et de simulation de pluies révèlent que ces sols nus sont impropres à l'activité racinaire du fait des pressions très élevées, supérieures ou égales à 0.80MPa. Les croûtes ERO et DEC qui les recouvrent limitent davantage l'infiltration de l'eau qui y est inférieure ou égale à 4%. Les résultats sont tout à fait contraires en zone de végétation où le coefficient d'infiltration est 7 à 10 fois supérieur, et les pressions favorables.

Enfin, la caractérisation des trois états des surface nu, végétalisé et transition sur le plan physique, chimique et hydrodynamique montre une transition beaucoup plus proche de l'état dénudé, impliquant probablement une tendance à la restauration naturelle de ces milieux.

MOTS CLES

Analyse diachronique – Dégradation – Déséquilibre écologique – Etat de surface

SIG – Sol nu – Télédétection – Unités géomorphologiques