

**MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
(M.E.S.S.R.S)**

**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO (U.P.B.)**

**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT
RURAL (I.D.R)**

BURKINA FASO
Unité-Progress-Justice



MEMOIRE

Présenté par :

DOAMBA Wendkouni Sabine Marie Flore

Pour l'obtention du :

**Diplôme d'Etude Appliquées en Gestion Intégrée des
Ressources Naturelles**

Option : Système de production végétale

Spécialité : Sciences du sol

THEME :

**Impact des techniques et technologies paysannes (mise en défens,
cordons pierreux) sur l'évolution de la fertilité des sols de quatre
bassins versants (Soum, Sanmatenga, Kouritenga et
Kompienga)**

Soutenu le 09 Avril 2009, devant le Jury composé de :

Président :

Prof. Michel P. SEDOGO, Directeur de Recherche CNRST/INERA

Membres :

Prof. Antoine N. SOME, Maître de Conférence/UPB

Prof. Hassan Bismarck NACRO, Maître de Conférence/UPB

Dédicace

A mes parents :

DOAMBA Arthur et WANGRAOUA Germaine

qui m'ont soutenu et encouragé,

A mon frère et à mes Soeurs

A THIOMBIANO Boundia,

Je dédie ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
Sigles et abréviations utilisés	iii
Liste des Figures	iv
Liste des Tableaux.....	v
Liste des cartes	vi
RESUME	vii
ABSTRACT	viii
L'INTRODUCTION	1
1.1. Problématique.....	2
1.2. Hypothèses de travail	3
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	4
1.1. La fertilité des sols : concepts et définitions	4
1.2. Les facteurs de la baisse de la fertilité des sols	5
1.3. Gestion de la fertilité dans les bassins versants du Burkina Faso.....	7
1.3.1. Bassins versants : définitions et concepts.....	7
1.4. Les techniques courantes de gestion de la fertilité des sols	8
1.4.1. Les procédés physiques	8
1.4.1.1. Les cordons pierreux	8
1.4.1.2. Les Demi-lunes	9
1.4.1.3. Le zaï.....	10
1.4.2. Les procédés biologiques.....	10
1.4.2.1. L'Agroforesterie.....	11
1.4.2.2. La pratique de la jachère	11
1.4.2.3. La mise en défens.....	12
1.5. Impacts écologiques des aménagements	13
1.5.1. Zaï et biodiversité	13
1.5.2. Cordons pierreux et dynamique des états de surface.....	13
1.5.3. Mise en défens et fertilité des sols.....	14
1.6. La macrofaune du sol	14
1.7. Discussion sur l'étude bibliographique	15
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	16
2.1. Présentation des zones d'études	16

2.1.1. La province du Soum	18
2.1.1.1. Situation géographique.....	18
2.1.1.2. Climat.....	18
2.1.1.3. Les sols.....	18
2.1.1.4. Les ressources végétales	20
2.1.2. La province du Sanmatenga.....	21
2.1.2.1. Climat.....	21
2.1.2.2. Végétation et sols	23
2.1.3. La province du Kouritenga	24
2.1.3.1. Situation géographique.....	24
2.1.3.2. Climat Les ressources végétatives	24
2.1.3.3. Sols.....	25
2.1.4. La province de la Kompienga.....	27
2.1.4.1. Climat.....	27
2.1.4.2. Végétation	27
2.1.4.3. Sols.....	28
2.2. Les sites d'étude	30
2.3. Méthode d'échantillonnage au niveau des sites de mise en défens.....	30
2.4. Echantillonnage au niveau des champs	32
2.5. Présentation du champ test	33
2.6. Etude de la macrofaune du sol.....	34
2.7. Paramètres physiques (fractionnement granulométrique)	35
2.8. Paramètres chimiques du sol	37
2.8.1. Mesure du potentiel respiratoire du sol.....	37
2.8.2. Mesure du pH.....	38
2.8.3. Dosage du carbone total.....	38
2.8.4. Dosage de l'azote total.....	38
2.8.5. Dosage du phosphore.....	38
2.8.6. Dosage du potassium total	39
2.8.7. Bases échangeables et Capacité d'échange cationique (CEC)	39
2.9. Traitement des données	39
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....	41
3.1. Impact de la mise en défens sur la texture des sols	41
3.1.1. Caractérisation physique des échantillons	41
3.1.2. Comparaison de la teneur en éléments fins	42
3.2. Impact de la mise en défens sur les paramètres chimiques du sol	43

3.2.1. Evolution temporelle des paramètres chimiques	44
3.2.2. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés	45
3.2.3. Corrélation entre les variables	45
3.2.4. Représentation des variables selon les axes.....	48
3.2.5. Projection des individus selon les axes principaux.....	49
3.2.6. Discussion sur l'impact de la mise en défens sur la texture du sol.....	50
3.3. Impact des cordons pierreux sur la fertilité des sols	51
3.3.1. Impact de l'aménagement en cordons pierreux sur la macrofaune du sol.....	51
3.3.1.1. Résultats globaux sur l'inventaire de la macrofaune	51
3.3.1.2. Variation du nombre d'individu et du nombre de famille par site	53
Figure 13 a : Variation du nombre d'individu selon le gradient climatique	54
Figure 13b : Variation du nombre de famille selon le gradient climatique	54
3.3.1.3. Répartition taxonomique et diversité de la macrofaune.....	55
3.4. Etude du champ test	57
3.4.1. Effet de la distance aux cordons pierreux sur la macrofaune du sol.....	57
3.4.2. Effet de la distance aux cordons pierreux sur les paramètres physiques du sol (fractionnement granulométrique)	58
3.4.3. Comparaison de la teneur en éléments fins entre les bandes de cordons pierreux	59
3.4.4. Effet de la distance aux cordons pierreux sur le pH du sol.....	59
3.4.5. Effet de la distance aux cordons pierreux sur le potentiel respiratoire du sol	60
3.5. DISCUSSION GENERALE	62
CONCLUSION	64
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	66
ANNEXE 1: Relevés pluviométriques dans les différents sites d'étude	1
ANNEXE 2 : Prélèvement du sol	2
ANNEXE 3 : Illustration des bassins versants.....	3
ANNEXE 4 : Illustration : test respirométrique.....	4

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche a été réalisé au Laboratoire Sol- Eau-Plante (SEP) de l'INERA, et au sein du Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité des sols (LERF). Sa réalisation a été possible grâce au soutien multiforme de plusieurs personnes. Nous voudrions leur exprimer ici toute notre gratitude.

Nos sincères remerciements s'adressent particulièrement à:

Notre Directeur de mémoire, Professeur Hassan Bismarck NACRO, Directeur adjoint de l'IDR et responsable du laboratoire LERF, qui a initié ce travail et qui s'est fortement investi afin que nous puissions le conduire à bout ;

Professeur Michel SEDOGO, Directeur de recherches et responsable scientifique du DEA Science du sol, pour nous avoir permis de mener des travaux d'analyse de sol au sein du laboratoire Sol-Eau-Plante de l'INERA à Kamboinsé. Qu'il trouve ici, l'expression de notre reconnaissance pour les soutiens multiformes qu'il a nous apporté lors de ce travail ;

Professeur SANON Antoine, enseignant-chercheur au département de Biologie et de Physiologie animales à l'Université de Ouagadougou, pour nous avoir autorisé à faire des manipulations sur l'inventaire de la macrofaune au laboratoire d'Entomologie Appliquée de l'Université de Ouagadougou ;

Docteur Zacharia GNANKABARY, à Messieurs Noufou WANDAOGO, Jean-Paul KABORE, et à Mademoiselle Alice NARE pour leur assistance, leur encadrement lors de nos manipulations au laboratoire SEP ;

Madame TAPSOBA/ILBOUDO Edith, doctorante en 2^{ème} année au Laboratoire Biologie et Ecologie Animale pour sa contribution à l'identification de nos spécimens;

Aux camarades et amis (ZONGO Nongma, YAMEOGO Mathieu, SOMA Dohan Mariame, POUYA Mathias, KO Hamidou);

Ce travail a été réalisé dans le cadre de suivi de l'impact du projet SILEM sous la coordination de l'UICN. Que cette institution soit remerciée, en particulier le chef de Mission, Le Professeur Aimée NIANOGO. Nous voudrions également témoigner notre reconnaissance à Madame HONADIA Clarisse et à tout le personnel du service financier de l'UICN pour les facilités offertes lors de nos campagnes de terrain.

Nous remercions aussi Messieurs Guillaume SANOU, Elisée YARO, Haykayamba KONE, et Abassa KINDA, Chargés SILEM des provinces de la Kompienga, du Kouritenga, du Sanmatenga et du Soum, pour l'accueil et l'appui dont nous avons bénéficié au cours de nos séjours de terrain.

Sigles et abréviations utilisés

LERF :	Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité des sols
SEP :	Laboratoire Sol-Eau-Plante
INERA :	Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole
IDR :	Institut du Développement Rural
SILEM:	Sahel Integrated Lowland, Ecosystem, Management
UICN :	Union mondiale de la nature
RN3 :	Route Nationale 3
MBV :	Micro-bassin-versant
PICOFA :	Programme d'Investissement Communautaire en Fertilité Agricole
PNGT 2 :	Programme Nationale de Gestion des terroirs phase 2

Liste des Figures

Figure 1: Représentation d'un bassin versant (Cudennec <i>et al.</i> , 2000).....	8
Figure 2 : Dispositif d'échantillonnage sur le site du Nakambé, Sanmatenga.....	31
Figure 3 : Schéma du dispositif d'échantillonnage dans une placette	32
Figure 4: Prélèvement au niveau des champs	33
Figure 5 : Présentation du Champ test	33
Figure 6 : Dispositif de prélèvement de la macrofaune du sol (méthode TSBF).....	34
Figure 7: Schéma du fractionnement de sol (Feller, 1979).....	36
Figure 8 : Répartition granulométrique des sols des parcelles de mise en défens	41
Figure 9 : Pourcentage d'éléments fins entre les différents MBV	42
Figure 10 : Position des variables par rapport aux composantes principales F1 et F2	48
Figure 11 : Position des variables par rapport aux composantes principales F1 et F3	49
Figure 12 : Projection des individus et des variables selon le plan F1, F2	50
Figure 13 : Variation du nombre d'individu et du nombre de famille selon le gradient climatique	54
Figure 14 : Fractionnement granulométrique de la matière organique	58
Figure 15 : Poids d'éléments fins en fonction de la pente	59
Figure 16 : Evolution cumulée de CO ₂ des sols en fonction de la distance aux cordons pierreux.....	61

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Sites retenus par bassin versant.....	30
Tableau 2: Effet de la mise en défens sur les paramètres chimiques du sol	43
Tableau 3 : Evolution temporelle de la teneur en carbone total dans les différents sites	44
Tableau 4 : Coefficients de corrélations de Pearson entre les variables étudiées	47
Tableau 5: Matrice de présence-absence des ordres répertoriés	52
Tableau 6 : Matrice d'abondance des familles répertoriées en fonction des sites	56
Tableau 7: Diversité et Equitabilité de la macrofaune du sol	57
Tableau 8 : Variation du pH entre les bandes de cordons pierreux	60

Liste des cartes

Carte 1: Localisation des zones d'étude.....	17
Carte 2 : Localisation du Micro bassin versant du Soum (Somé, 2003).....	19
Carte 3 : Localisation du Micro bassin versant du Sanmatenga	22
Carte 4 : Localisation du micro bassin versant du Kouritenga	26
Carte 5 : Localisation du micro bassin versant de la Komienga	29

RESUME

Les travaux de recherche menés au cours de cette étude portent sur l'influence de deux techniques de gestion de la fertilité des sols (aménagement en cordons pierreux et la technique de mise en défens) sur l'évolution des paramètres physico-chimiques et biologiques des sols de quatre Micro bassins versants (Soum, Sanmatenga, Kouritenga et Kompienga).

L'objectif de cette étude est de caractériser les évolutions biologiques et physico-chimiques des sols mises en défens et des champs aménagés en cordons pierreux.

L'étude a été effectuée dans quatre bassins versants de quatre provinces en suivant un gradient de pluviosité. Pour atteindre ces objectifs deux domaines ont été abordés :

- Le sol, par des analyses physico-chimiques et biologiques ;
- La macrofaune du sol, par l'inventaire des espèces présentes (abondance et diversité).

Le prélèvement du sol a consisté en la mise en place sur chaque site, de trois transects distant de 50 à 100 m, disposés perpendiculairement au cours d'eau principal. Sur chaque transect, des placettes d'échantillonnage de 50 m x 20 m ont été installées de part et d'autre du cours d'eau.

Pour l'étude de l'effet de l'aménagement en cordons pierreux sur le sol, neuf échantillons ont été prélevés par bande de cordons pierreux.

Les résultats montrent une amélioration des paramètres physico-chimiques (pourcentage d'éléments fins, teneur en carbone total) et biologique du sol (diversité et nombre d'individus d'Arthropodes). L'étude révèle aussi, la présence de plusieurs classes d'Arthropodes (Insectes, Arachnides, Oligochètes, Chilopodes), Ordres et groupes cohabitent entre les bandes de cordons pierreux. Il ressort aussi de cette étude que la variabilité climatique a une influence profonde sur les caractéristiques édaphiques des bassins versants.

Mots clés : Bassins versants, mise en défens, cordons pierreux, fertilité des sols.

ABSTRACT

The research conducted during this study carry on the influence of two management techniques of soil fertility (in stone management and the fencing implementation techniques) on the evolution of physical, chemical and biological parameters of the soil of four basin slopes (Soum, Sanmatenga, Kouritenga and Kompienga).

The objective of this study is to characterize the biological, physical and chemical evolutions of soil to which fencing technique is applied and fields done up in stone lines. The study was carried out in four basin slopes of four provinces by following a rainfall gradient. In order to attain the objectives, two aspects have been tackled:

- the Soil, through physico-chemical and biological analysis;
- the soil macrofauna, through the inventory of species (abundance and diversity).

The soil sampling consisted in establishing three transects separated on each site, by 50 to 100 m, perpendicularly positioned to the main river.

On each transect, sampling plots of 50 m x 20 m were installed on both sides of the basin slopes. For the study of the impact of stone lines, nine samples were taken for each strip of stone. The results show an improvement physico-chemical and biological (percentage of fines, total carbon content, diversity) soil. The study also reveals the presence of several classes (insects, arachnids, Oligochaeta, Chilopoda), orders and groups living together between the bands of stone.

It has been also shown that climatic variability has a deep influence on the soil characteristics of basin slopes.

Keywords: Basin slopes, put fencing, stone lines, soil fertility.

I. INTRODUCTION

Le Burkina Faso, situé en région sahélienne de l'Afrique de l'Ouest, est un pays à vocation agropastorale, avec une économie à dominance agricole. En effet, le secteur agricole contribue pour 40% à la formation du produit intérieur brut (PIB), procure au pays plus de 65% de ses recettes d'exportation (Adda, 1999), et occupe près de 90% de la population active.

Toutefois, l'agriculture du Burkina Faso est une agriculture de subsistance basée sur les céréales vivrières (sorgho, mil, maïs) qui occupent à elles seules plus de 88% des surfaces emblavées annuellement (Yonkeu et *al.*, 2003). L'objectif d'accroissement de la production agricole et des produits de l'élevage dans le cadre de la réalisation de la sécurité alimentaire, élément nécessaire à la réduction de la pauvreté, accélère la dégradation des ressources naturelles. La disparition de la couverture végétale s'accompagne de la perte concomitante de la fertilité physico-chimique et biologique des sols (Pieri, 1989), ce qui entraîne une baisse quasi générale de la productivité des agrosystèmes (Hien, 1995 ; Sangaré, 2007).

Dans ce contexte de dégradation des sols, de baisse croissante de la fertilité des terres, et de perte de la biodiversité en général, les paysans burkinabè ont développé différentes techniques culturales de gestion des eaux et des sols. Parmi celles-ci, le système zaï associant une maîtrise du ruissellement à l'aide de cordons pierreux et une technique de préparation du sol, consiste à concentrer les apports de matière organique (compost ou fumier) dans les poquets creusés avant les pluies et où les espèces végétales sont cultivées (Delaite et Pastor, 1997; Roose et *al.*, 1993). Les termites sont très actifs dans ce système tant pour l'incorporation des résidus apportés, que pour favoriser l'infiltration des eaux de pluies (Roose, 1989). Ces différentes techniques et technologies paysannes (zaï, cordons pierreux ou l'utilisation des fosses fumières) peuvent exister sous forme associée dans le système zaï ou sous forme dissociée (chaque technique étant à part entière). Toutefois, des auteurs (Zougmoré et *al.*, 2005) ont démontré que l'association de technique (zaï + compost + cordons pierreux) donnait de meilleurs rendements.

Une abondante littérature existe déjà sur les techniques et technologies paysannes dans la lutte contre la dégradation des sols (Ouédraogo et Kabore, 1996 ; Ambouta et *al.*, 1999 ; Roose et *al.*, 1999), mais ces travaux traitent presque exclusivement de l'augmentation comparative des rendements obtenus, sans véritable interrogation ni sur l'évolution à long terme de la fertilité des

sols, ni sur les conséquences de ce changement d'usage des terres sur la matière organique et les interactions biologiques dans les sols à l'échelle de la parcelle comme à l'échelle du terroir. De plus, il faut ajouter que ces études sont presque toutes menées sur les plaines (domaine de prédilection pour l'agriculture). Peu d'études sur ces questions ont concerné les écosystèmes des bassins versants en général, et/ou les écosystèmes des bas-fonds en particulier.

1.1. Problématique

Les bas-fonds sont des espaces multi-usages où les paysans y pratiquent en complémentarité ou concurrence avec d'autres valorisations (pêche, cueillette, pâturage, fabrication de brique,...), des systèmes de culture diversifiés (arboriculture, maraîchage, riziculture tubercules) en fonction de la micro-toposéquence et des conditions économiques (Delville, 1998). A cause de leur capacité de rétention de l'eau, les bas-fonds sont précieux dans l'environnement semi-aride du Burkina Faso. L'eau en effet, constitue une ressource rare peu maîtrisée et le potentiel existant est insuffisamment valorisé et inadéquatement exploité. De ce fait, les bas fonds, que l'on trouve le long des principaux cours d'eau font l'objet de convoitise et de compétition de la part des agriculteurs, des éleveurs et des pêcheurs, avec pour conséquence la dégradation des écosystèmes aquatiques et terrestres qui s'y rattachent (perte de la biodiversité, dégradation des sols, ensablement et comblement des cours d'eau, faible niveau d'infiltration consécutive à la disparition du couvert végétal et augmentation de l'érosion hydrique (PNGT2, 2006). En effet, de nombreux travaux réalisés dans la zone du bassin versant supérieur du Nakambé font apparaître une rapide progression des zones cultivées et des zones nues au détriment des formations végétales naturelles (Marchall, 1983; Kanziemo, 1999; Soule, 1999; Borrell, 2000).

Il apparaît donc nécessaire d'intervenir afin de restaurer et de conserver de façon durable la diversité biologique et agricole. Cela conduira de façon plus générale, à une réduction des taux de désertification, à une capacité accrue de séquestration du carbone, et enfin à une meilleure sécurité alimentaire.

Dans ces écosystèmes de bassin versants, les mêmes techniques de conservation et de réhabilitation des sols ont été utilisées. Ce qui nous conduit d'ailleurs à l'un des objectifs de cette étude qui est d'évaluer l'effet de ces techniques (zaï, cordons pierreux...) sur l'amélioration de la fertilité des sols.

Objectifs du mémoire

Le sol est l'élément clé des écosystèmes terrestres, et en particulier des agrosystèmes. Ce n'est pas une ressource renouvelable mais un milieu vivant qui peut être altéré de façon irréversible par des interventions humaines inadaptées.

Les systèmes de production durable dont nous avons besoin pour l'avenir ne peuvent s'envisager sans une utilisation « conservatoire » du sol. Une gestion « au plus près du biologique » est certainement la meilleure stratégie d'utilisation des sols sur le long terme (Chaussod, 1996). C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude dont l'objectif principal vise à étudier l'impact des techniques et technologies paysannes sur l'évolution de la fertilité des sols de quatre bassins versants (Soum, Sanmatenga, Kouritenga et Kompienga).

Objectifs spécifiques

L'étude poursuit les objectifs spécifiques suivants :

- O1 : Evaluer l'effet de la mise en défens sur la fertilité des sols (paramètres physico-chimiques du sol);
- O2 : Evaluer l'effet des cordons pierreux sur la fertilité des sols (paramètres physiques, chimiques et biologiques) ;
- O3 : Analyser les mécanismes de restauration de la fertilité des sols soumis à ces techniques.

1.2. Hypothèses de travail

Les hypothèses à tester à partir des observations sont :

- H1 : la baisse de plus en plus croissante de la fertilité des sols dans les agrosystèmes des bassins versants pousse de plus en plus les paysans à adopter de nouvelles techniques agricoles ;
- H2 : l'utilisation de ces techniques et technologies agricoles améliore la fertilité des sols dans ces bassins versants ;
- H3 : différentes composantes du sol contribuent et/ou interagissent dans les mécanismes de restauration de la fertilité des sols soumis à ces techniques.

Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre donne une revue de la littérature sur les modes de gestion de la fertilité des sols de bassins versants. Le deuxième chapitre concerne les matériels et méthodes de l'étude. Enfin, le dernier chapitre présente les résultats et leur analyse, et discute des principales données obtenues.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Face à la dégradation des sols, des techniques de gestion de la fertilité des sols ont été développées dans les pays du sahel. Ces pratiques ont permis la récupération des terres dites marginales, mais aussi, ont contribué au maintien de la fertilité des écosystèmes fragiles tels que les écosystèmes de bassins versants.

Dans ce chapitre, nous abordons dans une première section les différentes techniques et technologies paysannes les plus utilisées, avant de nous focaliser sur l'effet de ces techniques sur la fertilité des sols.

1.1. La fertilité des sols : concepts et définitions

Le mot fertilité, d'usage courant, véhicule en fait un concept qui se prête difficilement à une définition précise (Somé, 1996). En effet, la notion de fertilité au niveau le plus général; (celui du milieu rural) est considérée comme un système dont les productions résultent des interactions entre trois constituants fondamentaux : le milieu humain, le milieu naturel (climat, sol, plantes, animaux) et le milieu technique ou mode de gestion des espaces ruraux (Somé, 1996). Pichot (1995) quant à lui, définit la fertilité comme étant un milieu capable de satisfaire durablement les besoins de la population au travers des systèmes de production et d'aménagement qu'elles mettent en place. En s'inspirant des travaux des travaux de Boiffin et Sebillotte (1982), Pieri (1989) lui, assimile la fertilité à un jugement porté sur le fonctionnement d'un système biologique dont les composantes sont peu nombreuses mais en interaction (le sol, le climat, la plante) et en outre soumises à des déterminants techniques, économiques, sociaux et historiques. En outre, le terme fertilité dans son sens global concerne aussi bien l'amélioration des caractéristiques physico-chimiques que biologiques du sol. De ce fait, nous pouvons dire que, physiquement, un sol est caractérisé par une certaine architecture c'est-à-dire un assemblage de parties plus ou moins mobiles et actives dans la croissance des plantes. Les éléments grossiers et les sables en constituent le squelette. L'argile et la matière organique en sont le ciment et forment le complexe argilo-humique.

La notion de richesse chimique d'un sol est plus communément associée à celle de fertilité au point de créer une confusion entre les deux notions. Cette richesse est fonction de la nature minéralogique et des teneurs et solubilité des composants chimiques des fractions minérales et organiques du sol. L'activité biologique des sols et son rythme au cours des saisons intervient fondamentalement dans les relations sol-plante, soit directement pour la nutrition minérale des plantes et la fixation biologique de l'azote de l'air par les légumineuses, soit indirectement par son impact sur l'évolution du stock organique des sols et les conséquences multiples qui en résultent (structure des sols, complexe argilo-humique, développement des racines) (Pieri, 1989). Aussi, il faut noter que l'activité biologique du sol est entretenue par l'apport de matières organiques et par la présence de divers êtres vivants (faune, microorganismes, racines de plantes...). De ce fait, l'activité biologique reste une composante essentielle de la fertilité du sol. Cependant, on assiste à une dégradation de plus en plus croissante au niveau des trois composantes du sol (physique, chimique et biologique) des sols, dû à plusieurs raisons.

1.2. Les facteurs de la baisse de la fertilité des sols

Les sols tropicaux, qui couvrent 40% de la surface terrestre, sont généralement acides et présentent un haut degré d'altération de leur roche mère ainsi qu'une faible réserve minérale (Baren et *al.*, 1960; Duchaufour, 1970; Saidani, 1995). Ces sols où la kaolinite prédomine dans la fraction argileuse, présentent une faible capacité d'absorption des cations.

En Afrique de l'Ouest, les sols sont pour la plupart de types ferrugineux tropicaux et se distinguent par une mauvaise stabilité structurale des horizons superficiels liés à leur richesse en limons et sables fins et à leur faible teneur en matière organique (Pieri, 1989). Aussi, ils se caractérisent par une haute teneur en silice et en oxyde de fer libre, l'alumine libre est parfois en quantité dominante. Ils sont aussi appauvris en éléments azote et phosphore. En outre, les sols tropicaux ferrugineux ont des taux de matières organiques, inférieurs à 3% sous végétation, qui diminuent très vite sous cultures, où l'on rencontre des taux de 0,7% (Pieri, 1989). La baisse des taux de matière organique entraîne, sous l'influence de la forte énergie cinétique des pluies et du développement réduit de la végétation, une formation de croûte qui limite l'infiltration

(Casenave et valentin, 1989). Les phénomènes de dégradation ne font donc qu'aggraver le statut déjà faible de la fertilité physique et chimique des sols de cette région.

Les processus qui conduisent à la dégradation des végétaux et des sols sont largement documentés (Roose, 1981; Hoogmoed et Stroosnijder, 1984; Casenave et Valentin, 1989; Thiombiano, 2000). Ces études font ressortir plus ou moins clairement, que la végétation joue un rôle primordial dans la stabilité des écosystèmes agro-sylvo-pastoraux, et que la réduction de cette couverture végétale est à la base des processus de dégradation.

Due à la péjoration du climat (réduction des précipitations totales) et/ou à l'action de l'Homme (défrichement, surpâturage, culture continue), la diminution de la couverture biologique du sol expose celui-ci aux agents de dégradation constitués par l'intensité des pluies, le ruissellement et les vents. Cette réduction du couvert végétal réduit également la capacité de renouvellement de la matière organique; ce qui signifie la baisse permanente des éléments nutritifs (Projet 083 (2003)).

Les exportations progressives des éléments nutritifs des terres cultivées à travers les récoltes et leurs résidus sans restitution adéquate entraînent un épuisement du sol (Sédogo, 1981). Ces phénomènes concourent à une dégradation et à une modification importante de l'environnement. Ils compromettent la base des systèmes de production agricole et freinent ainsi le renouvellement de la fertilité des sols (Hien et *al.*, 1991).

Ces contraintes (climatiques, pédologique et anthropiques) entraînant la perte de la fertilité des sols, ont relancé l'intérêt des populations rurales pour les zones de bas-fonds, autrefois délaissés au profit des versants (Albergel et *al.*, 1993). Ces mêmes auteurs estiment approximativement à 1,3 millions de km² la superficie occupée par les bas-fonds en Afrique subsaharienne, correspondant à 5% de la superficie cultivable. Ces zones de bas-fonds sont donc des ressources foncières intéressantes pour l'agriculture, à condition de maîtriser les aléas hydrométéorologiques inter et intra-saisonniers de la ressource en eau. Par conséquent, une gestion au plus près du biologique est certainement la meilleure stratégie d'utilisation des sols sur le long terme (Chaussod, 1996). Ce qui justifie l'utilisation des techniques et technologies paysannes de réhabilitations des sols (cordons pierreux, zaï, demi-lunes, l'utilisation de la matière organique, le paillage, agroforesterie, la mise en défens...) dans les bassins versants.

1.3. Gestion de la fertilité dans les bassins versants du Burkina Faso : utilisation des techniques et technologies paysannes.

1.3.1. Bassins versants : définitions et concepts

Un bassin versant est défini par rapport à une section droite d'un cours d'eau et représente la superficie drainée par ce cours d'eau à l'amont de ladite section. Toute eau qui ruisselle à l'intérieur du bassin versant transite donc par la section droite considérée appelée exutoire (Ndiaye, 1997). L'eau précipitée à l'échelle du bassin versant se répartit en eau interceptée retenue à la surface du sol, infiltrée et ruisselée. La totalité de l'eau interceptée et retenue à la surface du sol et une partie de l'eau infiltrée, est perdue par évaporation et évapotranspiration.

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. En d'autres termes, le bassin versant se définit comme une région délimitée, drainée par un cours d'eau et ses tributaires dont elle est l'aire d'alimentation. Il est limité par son contour qui correspond le plus souvent à la ligne de partage des eaux de surface et quelquefois en certaines régions, à la ligne de partage des eaux souterraine (**Figure 1**).

Quatre bassins versants (la Kompienga, du Sanmatenga, du Kouritenga et du Soum) ont fait l'objet de notre étude. Nous nous intéressons plus particulièrement à l'effet des techniques et technologies paysannes sur l'évolution de la fertilité des sols au niveau de ces bassins versants. Bien qu'il soit difficile de classer ces différentes techniques à cause de leurs critères emboîtés, nous pouvons regrouper ces pratiques selon des procédés biologiques et des ouvrages antiérosifs.

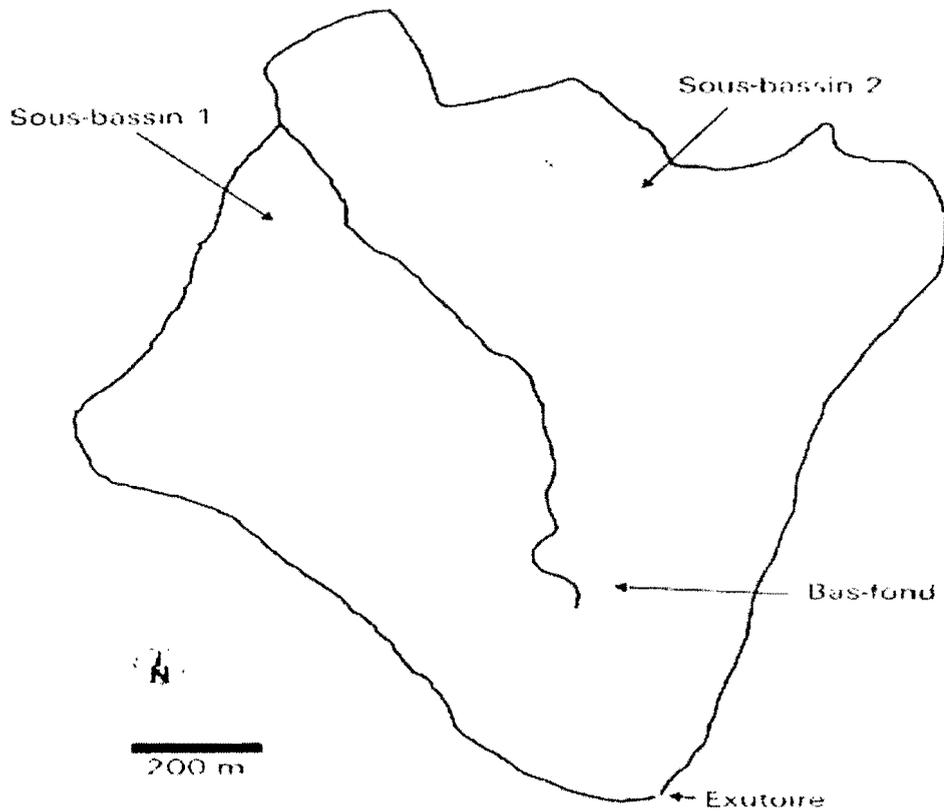


Figure 1: Représentation d'un bassin versant (Cudennec et *al.*, 2000)

1.4. Les techniques courantes de gestion de la fertilité des sols

1.4.1. Les procédés physiques

Ce sont des mesures physiques ou mécaniques de lutte contre l'érosion hydrique. Elles permettent une bonne infiltration des eaux qui améliore la fertilité des sols.

1.4.1.1. Les cordons pierreux

Ce sont des barrières mécaniques d'arrêt ou de freinage des eaux de ruissellement placées le long des courbes de niveau pour réduire l'érosion et augmenter le stock d'humidité du sol (Ouédraogo, 2005). Selon Dugué et *al.*, 1993, les cordons pierreux permettent aussi d'augmenter

la rétention en eau du sol. De plus, ils permettent la sédimentation des particules (sables, mais aussi terre fine, matière organique) à l'amont de la diguette et une augmentation de l'infiltration des eaux ruisselantes (Hien, 1995) dans les conditions soudano-sahéliennes. La résultante de tous ces effets est une amélioration des rendements (de 20 à 80 % selon les régions et les années) (Delaite et Pastor, 1997).

Les travaux de (Ouédraogo, 2005) montrent que les cordons pierreux occasionnent une augmentation des rendements de 23% pour le sorgho blanc et 15% pour le sorgho rouge dans les champs de case ou dans les champs de brousse. De même, les études menées par Kambou et Zougmore (1995) ont montré qu'en année de pluviométrie déficitaire, le gain de production en grains et en tiges réalisé sur les parcelles aménagées en cordons pierreux atteint plus du double de la production du témoin. La distance moyenne entre deux cordons pierreux est comprise entre 15-20 m (Ouédraogo, 2005; Kiema, 2007). Ce sont des ouvrages adaptés à des terres de très faible pente.

1.4.1.2. Les Demi-lunes

Ce sont des ouvrages en terre en forme de demi-lune ou de croissant, installés sur des terres dégradées. Les demi-lunes ont généralement un diamètre variant de 4 à 5 m, 12 à 30 cm de profondeur, 2 à 4 m d'écartement sur la courbe de niveau et 4 à 8 m entre deux courbes de niveau.

Le rapport du Projet 083 (2003) définit la demi-lune comme une cuvette en forme de demi-cercle, ouverte à la pioche. La terre de déblais est disposée en un bourrelet semi-circulaire au sommet aplati comme une banquette de terre. La densité moyenne à l'hectare est évaluée à 315 demi-lunes (Mando et *al.*, 2001). Ce dispositif permet de collecter les eaux de ruissellement et est ainsi bien adapté aux zones semi-arides et arides. Il en résulte une croissance d'espèces ligneuses et herbeuses, consécutive au piégeage par les demi-lunes des semences transportées soit par le vent, soit par les eaux de ruissellement (Sangaré, 2002).

1.4.1.3. Le zaï

Le zaï est une technique ancestrale bien connue des paysans, et utilisée pour la restauration de la productivité des terres agricoles: Cette technique a donné des résultats positifs et son efficacité est hautement appréciée (Kaboré, 1995).

Le zaï en langue moré vient du mot « zaïgré » qui signifie « se hâter pour préparer sa terre ». La technique du zaï est souvent associée à d'autres techniques de restauration du sol. Elle se présente toujours avec les cordons pierreux.

Le principe consiste à creuser, en saison sèche, des cuvettes de 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur tous les 80-100cm, et à rejeter la terre excavée vers l'aval du creux pour capter les eaux de ruissellement. On y ajoute une à deux poignées de fumure organique (Delaite et Pastor, 1997). Toutefois, Kaboré (2005) montre qu'il existe une diversité de cette pratique selon le type d'exploitation, la période de confection des cuvettes de semis, etc.

Des études (Sangaré, 2002; Trouillier, 2003; Kiema, 2007) ont montré que sur les sites aménagés, il y'avait un développement végétal, aussi bien herbacé que ligneux.

Le maintien et la protection de cette végétation naissante donne lieu au fil des années à une végétation de plus en plus dense et diversifiée (Koutou, 2006; Doamba, 2007). Ce qui permet de passer du zaï agricole au zaï forestier qui peut être utilisé comme un système d'aménagement des terroirs.

1.4.2. Les procédés biologiques

Selon Delaite et Pastor (1997), les méthodes biologiques consistent à assurer une couverture maximale du sol aussi bien dans l'espace que dans le temps. Cette couverture contribue en effet à stimuler l'activité biologique du sol. L'importance de cette activité se justifie par le rôle de la vie dans la définition et le maintien des équilibres pédologiques et des caractéristiques physico-chimiques (Bachelier, 1971).

1.4.2.1. L'Agroforesterie

L'agroforesterie désigne un système d'utilisation des terres, où des plantes ligneuses sont délibérément associées aux cultures et/ou à la production animale, sous la forme d'un arrangement spatial ou d'une séquence temporelle prenant place sur une même unité de gestion de la terre (Baumer, 1987). Elle permet d'optimiser les interactions positives entre les composantes de façon à obtenir une production totale plus élevée, diversifiée et soutenue (Sangaré, 2007). La présence de l'arbre est primordiale en ce sens qu'il favorise les transferts verticaux d'éléments nutritifs. Par le biais des retombées de litière, les arbres contribuent à rehausser le stock de matière organique et à alimenter le pool des éléments nutritifs dans le sol (Breman et Kessler, 1995). Les travaux de Bayala *et al.* (2004) ont, par exemple, montré que la décomposition des feuilles de *Vitellaria paradoxa* Gaertn. F. et de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don permet de libérer dans le sol 40 à 90% du N et du P contenus dans les feuilles. Les légumineuses sont souvent utilisées, car elles présentent un intérêt particulier du fait de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique dans le sol.

Les études effectuées au Burkina Faso sur la fertilité du sol en relation avec la présence dans les champs de ligneux fixateurs d'azote ont porté principalement sur *Faidherbia albida* A. Chev. (Oliver *et al.*, 1992), *Leucaena Leucocephala* (Lam.) de Wit, *Azelia africana* Smith ex Pers. et *Acacia nilotica* (Linn.) Will. Ex Del. (Ayuk, 1997). Les résultats obtenus révèlent un accroissement de la fertilité des sols. De nos jours, on s'intéresse à la mycorhization contrôlée qui permet d'avoir un grand nombre d'espèces inoculées avec des champignons qui peuvent permettre d'améliorer la nutrition de la plante en phosphore (Gianinazzi Pearson et Gianinazzi, 1986), en azote (Handley *et al.*, 1993, Sangaré, 2007), et en oligo-éléments (Tinker, 1984; Kothari *et al.*, 1990) et sa résistance à la sécheresse (Diem *et al.*, 1981).

1.4.2.2. La pratique de la jachère

La gestion traditionnelle de la fertilité des sols du Burkina était jadis basée sur l'alternance de phases de cultures de courte durée (3 à 6 ans) et de longues durées généralement supérieures à 15 ans. En effet, dans les systèmes de cultures traditionnels, la gestion agro-écologique de l'espace incluait la pratique de la jachère comme « technique de régulation et de

stabilisation des milieux constamment perturbés par l'Homme (Somé, 1996). Le développement de nouveaux systèmes de cultures (cultures de rentes: coton et arachide) impliquant une gestion différente de l'espace agricole, a contribué quelquefois à modifier le système. A cela s'ajoutent la pression démographique, la tendance à la sédentarisation et les contraintes climatiques (tendance générale à la baisse de la pluviosité qui, de nos jours contraignent les agriculteurs à diminuer les surfaces de jachère et la durée de celle-ci.

La mise en jachère provoque des changements d'état concernant la fertilité qui peut se caractériser en partie par les propriétés physico-chimiques des sols, et également par la dynamique des adventices des cultures dont la maîtrise constitue un des rôles de la jachère (Floret *et al.*, 1993 ; Mitja et Puig, 1993).

1.4.2.3. La mise en défens

La mise en défens est une technique qui consiste à protéger pendant plusieurs années une zone en y interdisant toute exploitation qui contribue à sa dégradation, qu'elle soit agricole, pastorale ou forestière. C'est une méthode de régénération naturelle techniquement très simple et peu coûteuse, mais elle est très complexe à mettre en œuvre, car sa réussite implique une acceptation et une participation active de tous les exploitants (agriculteurs et éleveurs) (Delaite et Pastor, 1997).

Elle est fondée sur le principe selon lequel, la cause de la dégradation d'un sol étant supprimée, le sol est en mesure de recouvrir par lui-même ses qualités après une période de temps (Mando *et al.*, 2000).

Une mise en défens correspond à une jachère qui est protégée contre les feux, la coupe du bois ou le pâturage. Elle permet de ce fait une régénération des espèces et une amélioration de la diversité floristique.

Les avantages de la technique de mise en défens, concernent principalement la régénération du couvert végétal avec une amélioration de la production primaire et une modification de la structure de la végétation, la protection du sol contre les agents de dégradation (intensité des pluies, température, vent), l'amélioration des propriétés hydrodynamiques du sol (porosité, bilan hydrique) et la réduction du ruissellement et de l'érosion (Zombré *et al.*, 1999).

Cependant, la mise en défens, en se basant sur la résilience du système et surtout sur la présence d'un minimum de végétation n'est pas une mesure appropriée pour les surfaces nues et

encroûtées (Mando *et al.*, 1999). Par ailleurs, l'installation d'une mise en défens requiert un processus plus ou moins long de négociation entre les communautés riveraines, qui, le plus souvent, sont en compétition pour l'utilisation de l'espace. La mise en défens n'est envisageable que dans le cadre d'un aménagement régional ou d'un aménagement de bassins versants.

1.5. Impacts écologiques des aménagements

Les différentes techniques de gestion de la fertilité des sols (zaï, cordons pierreux, mise en défens...) sont des techniques qui présentent un important potentiel pour la restauration et le maintien de la fertilité des sols dans agrosystèmes.

1.5.1. Zaï et biodiversité

Les résultats de nombreuses études attestent de la colonisation des parcelles de Zaï par de nombreuses espèces végétales appartenant à plusieurs familles (Zombré *et al.*, 1999; Sangaré (2002). Cette reprise de la végétation serait due à l'amélioration des conditions du milieu, occasionnée par les aménagements qui brisent la croûte imperméable afin d'ameublir et augmenter la disponibilité en eau du sol. De plus, les travaux de Zougmoré *et al.* (1999) montrent, une évolution positive des teneurs en carbone, en azote et en phosphore totaux du sol dans les aménagements zaï comparativement au témoin ou à l'état de fertilité initial du site avant la mise en place de l'essai.

1.5.2. Cordons pierreux et dynamique des états de surface

Les diguettes offrent, par l'accumulation de l'eau et des particules, de meilleures conditions pour la germination et le développement de la végétation herbacée et ligneuse. En effet, les travaux de Kiema (2007) montrent qu'avec l'aménagement en cordons pierreux, le recouvrement global de la végétation herbacée sur les parcelles a positivement évolué durant les six années de suivi sous effet des cordons.

De plus, du point de vue botanique, les augmentations se manifestent par un doublement de la richesse floristique par rapport au témoin. Une étude menée par Kambou et Zougmoré (1995) montre que deux ans après l'installation d'un cordon pierreux sur un zipellé, la superficie du tapis herbacée augmente de 5%.

Par ailleurs, en réduisant l'érosion hydrique, et en améliorant la texture du sol notamment la teneur en éléments fins, la technique de cordons pierreux, améliore les caractéristiques chimiques (teneur en carbone, azote, phosphore) du sol. De même, la réduction de la vitesse d'écoulement provoque une augmentation de l'humidité du sol surtout dans les 25 premiers mètres en amont des cordons (Somé, 2003); aussi cette humidité est plus élevée au niveau du cordon de base.

1.5.3. Mise en défens et fertilité des sols

Les mises en défens étudiées dans la région de Djibo (Rochette, 1989), et Oursi (Toutain et Piot, 1980) montrent que la protection intégrale d'une zone dégradée entraîne une régénération du couvert végétal avec une amélioration de la production primaire, et une modification de la structure de la végétation. Ainsi, on assiste le plus souvent à une régénération spectaculaire de jeunes pousses d'arbustes et d'arbres (Dugué *et al.*, 1994).

La protection appliquée au niveau des espaces déjà couvertes par un couvert herbacé ou ligneux (exemple des bas-fonds), favorise une régénération plus intense et une croissance plus accrue des ligneux. Cette amélioration du couvert végétatif dans ces espaces est due au contrôle des feux de brousse et des prélèvements (fourrage, bois). Les aménagements ont aussi un impact positif sur le développement et la diversification de la faune du sol.

1.6. La macrofaune du sol

La faune du sol représente l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa surface (faune épigée) y compris dans la litière (Gobat *et al.*, 1998).

Par leur déplacement, leur alimentation et leurs excréments, les animaux du sol ont un impact direct ou indirect sur leur habitat (Gobat *et al.*, 1998). Plusieurs embranchements sont rencontrés

- embranchement des annélides composés de :
 - Lumbricidae ou vers de terre appartenant à la classe des oligochètes ;
 - Enchytraeidae de la classe des polychètes ;
- embranchements des Mollusques, représenté par les escargots et les limaces de la classe des Gastéropodes ;

- embranchement des Arthropodes divisé en deux groupes :
 - sous-groupe des Mandibulates qui compte les classes d'Insectes et la Super-classe des Myriapodes (Diplopodes, Chilopodes, Syphiles, Pauropodes) ;
 - sous-groupe des Chélicérates essentiellement représenté par la classe des Arachnides.

L'activité, la répartition, l'abondance et la diversité de cette faune est souvent influencé par certains paramètres du milieu tels que l'humidité du sol, la porosité et l'atmosphère ainsi que la température (Bachelier, 1978).

L'Homme par ses pratiques culturales a aussi une influence sur les peuplements de cette faune (Brown et *al.*, 2002). Toutefois, force est de reconnaître que beaucoup d'espèces exercent une influence profonde sur leur environnement en jouant un rôle essentiel dans la modification des propriétés physiques, chimiques du sol et modulent aussi la disponibilité des ressources (espace physique et alimentaire) pour les autres espèces comme les microorganismes et les plantes. De telles espèces sont appelées « ingénieurs de l'écosystème » (Jones et *al.*, 1994). Comme exemple d'espèces, nous pouvons citer les termites, les vers de terre et les fourmis.

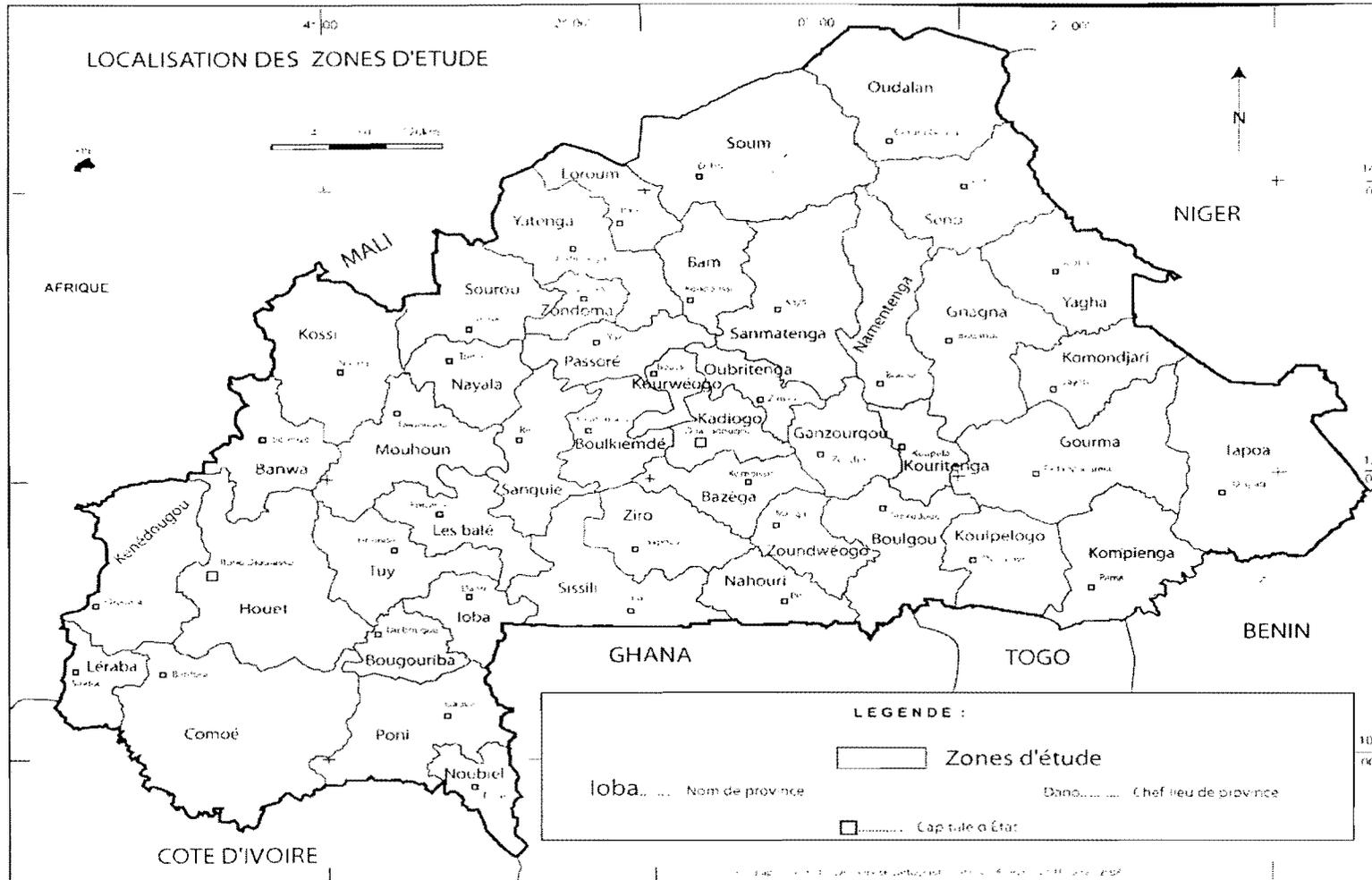
1.7. Discussion sur l'étude bibliographique

De cette synthèse bibliographique, il ressort qu'il existe une multitude de techniques de gestion de la fertilité des sols. Les différentes techniques ont une influence sur les différents paramètres physico-chimiques et biologiques des sols. De nombreux travaux (Sangaré, 2002; Laguemvaré, 2003 ; Doamba, 2007) ont d'ailleurs montré leur efficacité sur la restauration et le maintien de la fertilité des sols. Notre travail vise non seulement à étudier l'impact de ces techniques sur le maintien de la fertilité des sols au niveau des versants, mais surtout l'impact de ces techniques sur la biologie et la microbiologie du sol tout en caractérisant l'évolution des paramètres physico-chimiques. En particulier, l'étude vise à établir les relations entre la teneur en matière organique du sol et la diversité faunique (macrofaune du sol). Pour cette étude, deux techniques vont particulièrement nous intéresser. Il s'agit de la pratique de la mise en défens et de l'aménagement en cordons pierreux.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation des zones d'études

L'étude est axée essentiellement sur quatre Micro Bassins-Versants (Soum, Sanmatenga, Kouritenga et Kompienga) (**Carte 1**). Dans chaque bassin versants, des sites ont été retenus pour l'étude (**Tableau 1**). Le choix de ces Micro Bassins Versants (MBV) se justifie par le besoin de suivre un gradient de pluviosité : c'est-à-dire partir des zones arides (pluviosité inférieure à 500 mm) vers les zones moyennement arrosées (MBV du Kouritenga et le celui du Sanmatenga) et abondamment arrosées (MBV de la Kompienga) avec une pluviosité généralement supérieure à 700 mm). De plus, dans ces différentes zones, on note une variation des types de sol et de la végétation d'une zone à l'autre (de la steppe au Nord, on passe à la savane arborée et arbustive au Centre et Centre-Est puis on s'achemine de plus en plus vers la savane boisée à l'Est du pays).



Carte 1: Localisation des zones d'étude

2.1.1. La province du Soum

2.1.1.1. Situation géographique

La province du Soum (chef lieu Djibo) fait partie des 4 provinces les plus septentrionales au Burkina Faso (d'Ouest en Est: Yatenga, Soum, Oudalan, Séno) qui composent la zone la plus sahéenne du pays (pluviométrie inférieure à 500 mm en moyenne) (**Carte 2**). La superficie de la province est estimée à 12 222 km² avec une population de 253 867 Habitants et une densité de 20,8 hbts/km² (Zerbo, 1994).

L'étude a été conduite plus exactement dans un Micro Bassin Versant du Béli dans la province du Soum, au Burkina Faso. Elle est comprise les parallèles 13°51'10,83'' et 14°40'40,8'' de latitude Nord et entre les méridiens 1°16'30'' et 2°03'39,6'' de longitude Ouest. Il a une superficie estimée à 3420,12 km² (soit 45,22% de la superficie de la province).

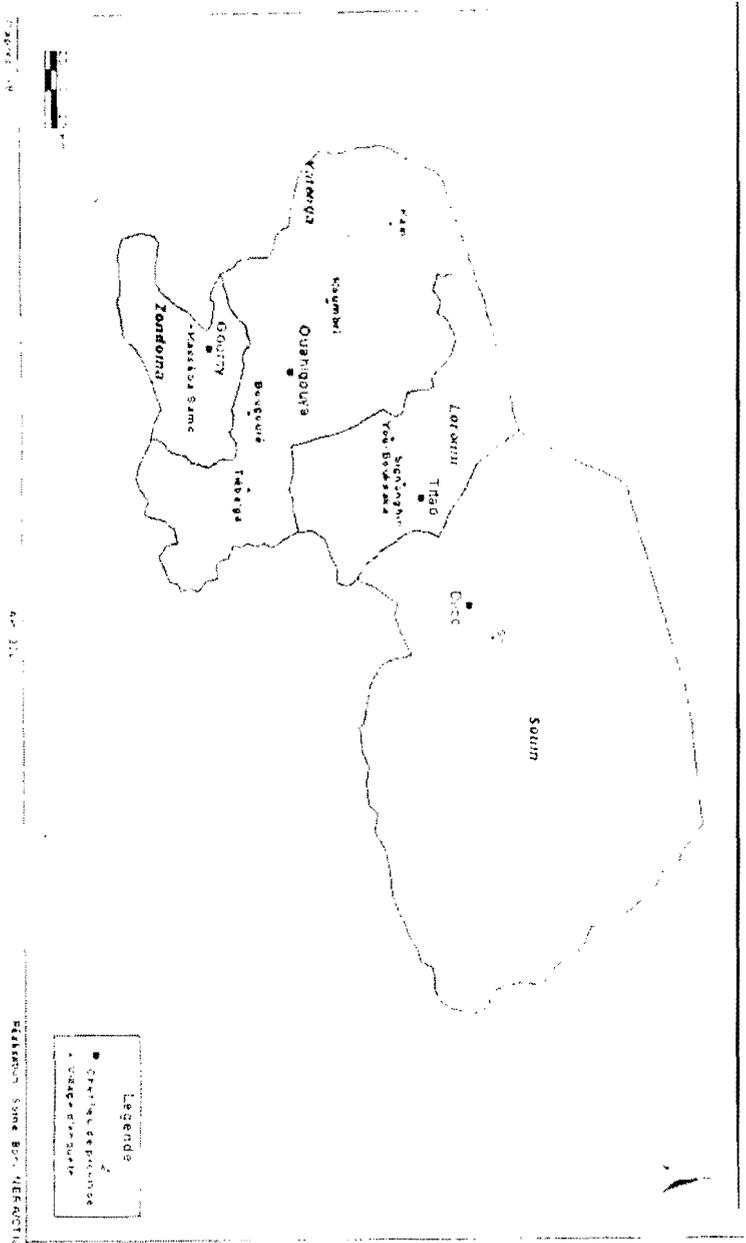
2.1.1.2. Climat

Le climat est de type sahéen (Guinko, 1984), caractérisé par l'alternance de 2 saisons fortement contrastées et d'inégale durée: une longue saison sèche qui s'étend généralement d'Octobre à Juin et une saison humide qui dure 9 mois. Les précipitations sont inférieures à 600 mm (Pallier, 1981). La température moyenne annuelle quant à elle est de 33°C avec des variations sensibles.

Nous notons toutefois des irrégularités interannuelles de précipitation et des déficits pluviométriques qui jouent beaucoup sur la disponibilité en eau, causes majeures de l'assèchement précoce des cours d'eau, ainsi que la modification du cycle végétatif.

2.1.1.3. Les sols

Les sols de la zone d'intervention sont sableux, minces et pauvres en humus. Ils sont de ce fait fragiles physiquement (érosion chimiques, croûtes et indurations salines et ferrugineuses) et sur le plan agronomique (épuisement rapide). Ils sont en général très diversifiés et en majorité de mauvais supports physiques pour la végétation en raison de leur faible perméabilité, ce qui freine l'infiltration de l'eau. D'une façon générale, la disponibilité en eau apparaît comme une des contraintes majeures pour l'agriculture pluviale auxquelles s'ajoutent la rétention et la disponibilité en éléments nutritifs (Kiema, 2007).



Carte 2 : Localisation du Micro bassin versant du Soum (Somé, 2003)

2.1.1.4. Les ressources végétales

La région du Soum fait partie du Sahel Burkinabè. La végétation peut être classée en quatre groupes de formation (SRAT, 2003) :

- les steppes arborée et arbustive,
- les fourrés tigrés ou brousse tigrée,
- les forêts galeries et formation de marigot,
- la steppe herbacée.

Plus spécifiquement, en fonction du paysage, du type de sol, nous distinguons les formations végétales suivantes:

- les formations végétales liées aux dunes et aux ensablements caractérisées par une strate herbacée, dont les principales espèces végétales sont *Cenchrus biflorus* Roxb., *Aristida mutabilis* Trin et Rupr., *Schoenefeldia gracilis* Kunth. Cette strate est associée à une strate arbustive basse et claire dont les espèces dominantes sont *Combretum glutinosum* Perr. ex DC, *Guiera senegalensis* J.F.Gmel., *Acacia senegal* (L.)Willd et *Acacia raddiana* (Savi) Brenan. ;
- les formations végétales liées aux glacis caractérisent une strate arbustive comprenant *Acacia spp* et *Balanites aegyptiaca* (L.) willd. La strate herbacée discontinue est constituée d'espèces dont les plus appréciées sont *Schoenefeldia gracilis* Kunth., *Panicum laetum* Kunth. ;
- les formations liées aux affleurements rocheux dont la strate herbacée est souvent dominée par *Schoenefeldia gracilis* Kunth. et la strate arbustive est constituée de *Acacia laeta*, *Acacia raddiana* (Savi) Brenan, *Combretum spp*, *Guiera senegalensis* J.F.Gmel et *Pterocarpus lucens* Lepr. Ex Guill. Et Perr. ;
- les formations sur sols peu évolués et minéraux bruts dont la strate ligneuse comprend *Pterocarpus lucens* Lepr. Ex Guill. Et Perr., *Combretum micranthum* D.Dòn, *Grewia bicolor* Juss., *Commiphora africana* (A.Rich) Engel. *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. et *Acacia senegal* (L.) Del. La strate herbacée est constituée de *Loudetia togoensis* (Pilg.). *Schoenefeldia gracilis* Kunth., *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr., *Eliomurus elegans* Kunth.
- Les formations des zones hydromorphes (bas-fonds, mares, dépressions ouvertes) caractérisées par une strate herbacée constituée de *Panicum subalbidum* Kunth.,

Echinochloa colona (L.) Link., *Oryza bartii* A. Chev. *Echinochloa stagnina* P. Beauv. *Vossia cuspidata* (Roxb.) Griff. La strate ligneuse est constituée de *Mimosaceae* et de *Combrétacée* (PGIE final Soum, 2006).

D'une manière générale, le Sahel offre d'excellents pâturages et lors de la décrue, les herbes des rives inondables des fleuves constituent une source appréciable d'aliments pour le bétail. Toutefois, cette végétation reste sensible aux dégradations du climat et à la surexploitation. De ce fait, on assiste aujourd'hui à une forte réduction de la superficie des ressources forestières due à la détérioration des conditions climatiques et aux actions anthropiques.

2.1.2. La province du Sanmatenga

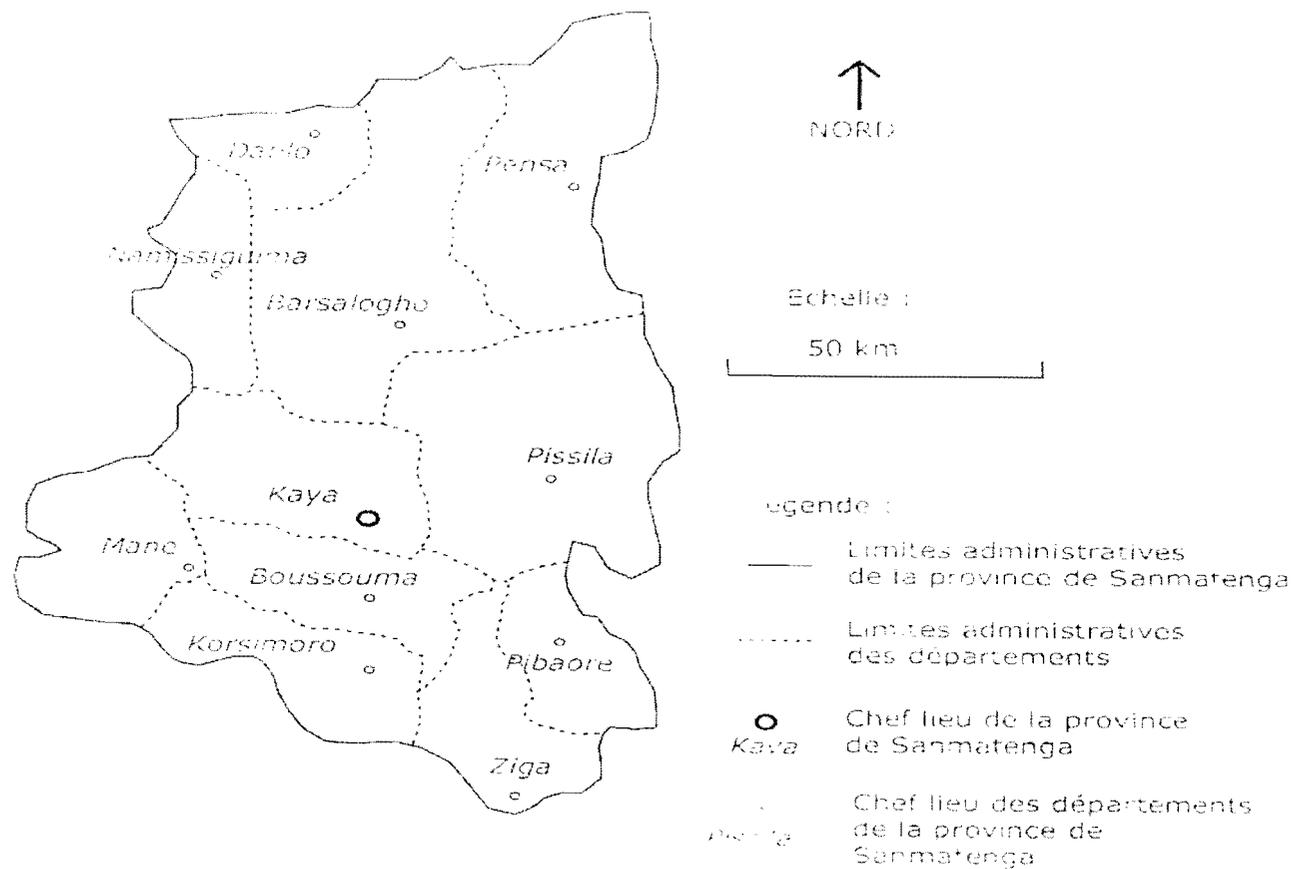
La province du Sanmatenga est située au centre-Nord du Burkina Faso. Elle est limitée au Nord par la province du Soum, au Sud par celles du Ganzourgou et de l'Oubritenga, à l'Est par le Namentenga et à l'Ouest par le Bam et le Passoré (**Carte 3**). Kaya, chef lieu de la province, est situé à 100 km sur l'axe routier Ouagadougou-Dori (RN3), précisément à la latitude 13°6'N et à la longitude 1°5W. Le Sanmatenga couvre une superficie de 9419 Km², délimitée par un rectangle dont les coordonnées géographiques sont les parallèles 12°40 et 14°N et les méridiens 0,40° et 1°35W représentant des distances moyennes de 125 Km du Nord au Sud et de 75 Km d'Est en Ouest (Ouattara, 1993).

2.1.2.1. Climat

Le Sanmatenga est soumis au régime du climat soudano-sahélien caractérisé par l'alternance de 2 saisons : une saison sèche de huit mois comprise entre octobre et juin et une saison pluvieuse de trois mois allant de juillet à septembre. Sur le plan pluviométrique, la province peut être subdivisée en trois secteurs géographiques :

- pluviosité inférieure à 500 mm (département de Barsalogo)
- pluviosité comprise entre 500 et 600 mm, situé au Sud (département de Kaya)
- pluviosité supérieure à 600 mm, situé au Sud (département de Korsimoro).

Les pluies sont caractérisées par une forte irrégularité et une inégale répartition spatio-temporelle : ce qui influence considérablement la production agro-sylvo-pastorale (Tankoano, 2007).



Carte 3 : Localisation du Micro bassin versant du Sanmatenga

(<http://ntec.free.fr/spip.php?article11>, consulté le 28/03/2009)

2.1.2.2. Végétation et sols

Au Sanmatenga, le couvert végétal se subdivise en trois sous-zones. Il comprend du Nord au Sud, la steppe, la savane arbustive et la savane arborée (Ouattara, 1993 ; Fontès et Guinko, 1995 ; Tankoano, 2007)

- La sous-zone Nord

Elle s'étend au delà de l'isohyète 500mm englobant les départements de Barsalogo, Dablo, Namissiguima et Pensa. Elle se caractérise par un relief faible où prédominent les sols sablo-limoneux et quelques bas-fonds importants. La végétation est la steppe sahélienne composée d'espèces épineuses (*Acacia seyal* Del., *Acacia senegal* (L.) Will; *Acacia nilotica* (Linn.) Will. Ex. Del., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del.).

- La sous-zone centre

Elle est comprise entre les isohyètes 500 mm et 600 mm, comprenant les départements de Kaya et de Pissila et une partie des départements de Boussouma et de Mané. Le relief est accidenté (collines birrimiennes). La végétation est essentiellement composée de la savane arbustive et arborée dans les vallées fortement influencées par l'occupation humaine, donnant lieu à une savane pare de *Vitellaria paradoxa* Gaerth. F., de *Kaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don. et de *Tamarindus indica* L. Par contre, sur les collines et les plateaux latéritiques, les espèces dominantes sont les fourrées de *Combretum*.

- La sous-zone Sud

Cette sous-zone est constituée notamment de la zone limitrophe au fleuve Nakambé. Le relief est faible et les sols y sont lourds. Le couvert végétal est plus riche et demeure moins entamé. Il s'agit de la savane arborée à *Vitellaria paradoxa* Gaerth.F. et des formations basses *Combretum* ou *Acacia spp.*

Cette végétation subit depuis les années 1970 une forte dégradation voire une désertification liée aux aléas climatiques, au surpâturage et à la pression démographique (Ouattara, 1993).

2.1.3. La province du Kouritenga

2.1.3.1. Situation géographique

Le chef lieu de la province du Kouritenga (Koupéla) est situé à 140 km à l'Est de la ville de Ouagadougou. Le Micro Bassin Versant (MBV) *KOULOUKO*, objet de la présente étude est situé dans la province du Kouritenga (**Carte 4**), notamment dans les départements de Amdemtenga, Kando et Pouytenga. Il faut noter aussi que le micro bassin versant s'étend également dans les provinces du Namentenga, du Ganzourgou et de la Cinagna.

2.1.3.2. Climat Les ressources végétaives

Le micro bassin versant étudié est situé dans le secteur soudanien septentrional. Les précipitations annuelles vont de 500 mm à 900 mm. La saison sèche dure 6 à 7 mois.

La province du Kouritenga appartient au domaine phytogéographique Nord-sahélien (Guinko, 1984). Les savanes présentent partout l'allure de paysages agraires dominés çà et là par de gros arbres trapus de 10 à 20 m de hauteur appartenant aux espèces intégralement protégées telles *Faidherbia albida* A.Chev., *Adansonia digitata* Linn., *Vitellaria paradoxa* Gaern.F., *Lannea microcarpa* Engel. Et K. Krouse, *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br.ex G.Don, *Tamarindus indica* L. Les jachères récentes et les sols fortement érodés sont colonisés par de nombreuses espèces sahéliennes dont *Cassia obtusifolia* L., *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng, *Sida cordifolia* L., *Ziziphus mauritiana* Lam.

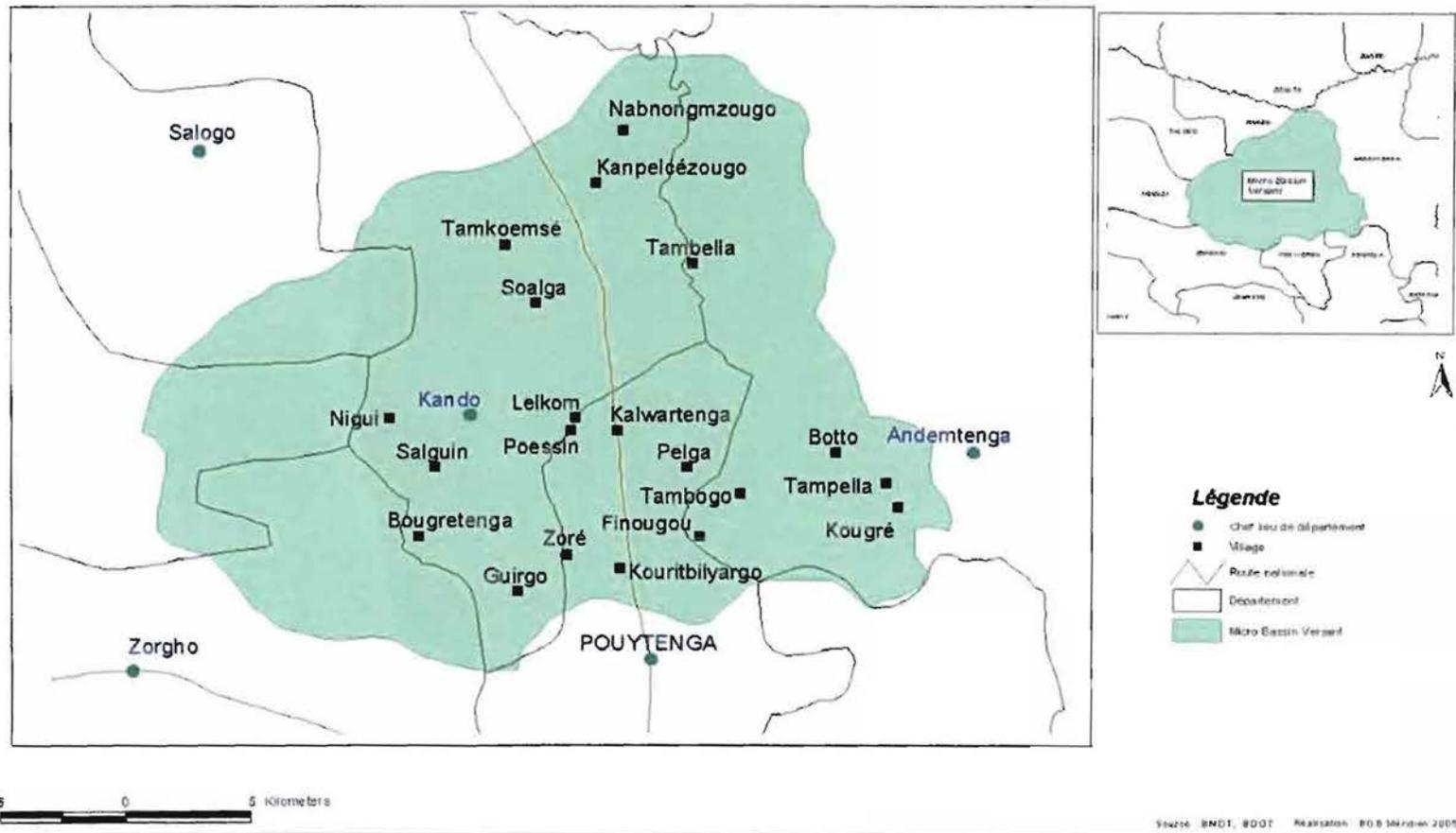
La végétation du bassin versant a subi sous l'action de l'Homme, comme l'ensemble de la flore du Burkina Faso, de profondes mutations au cours de l'histoire. Une de ces modifications concerne la présence remarquable dans la population d'espèces étrangères telle *Azardirachta indica* A. Juss., rencontrée sur l'ensemble du bassin versant. On rencontre aussi des regroupements plus ou moins importants d'arbres fruitiers le long des bas-fonds tels que *Mangifera indica* (L.) *Psidium goyava* (L.) (PGIE final KRT, 2005).

2.1.3.3. Sols

En fonction des unités géomorphologiques, les différents types de sols rencontrés sont (PGIE final KRT, 2005) :

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels et peu profonds, profondeur très faible (< 20 cm). La difficulté de pénétration des racines et la pauvreté chimique confèrent à ces sols une inaptitude aux cultures rencontrées dans la zone ;
- Les sols bruns eutrophes tropicaux ferrugineux. Ces sols se développent sur des roches cristallines basiques. Leur potentiel chimique est élevé. Ils constituent les meilleurs sols du micro bassin ;
- Au niveau des cuirasses du relief résiduel, nous avons essentiellement des lithosols sur cuirasse ferrugineuse, des sols ferrugineux tropicaux lessivés de profondeurs variées ;
- Au niveau des pentes supérieures des glacis, on distingue les sols ferrugineux tropicaux indurés, les sols ferrugineux tropicaux lessivés à conerétions, les sols ferrugineux tropicaux lessivés modaux et les sols peu évolués d'apport colluvial modal ;
- Au niveau des pentes moyennes des glacis, les sols rencontrés sont entre autres : les sols bruns eutrophes tropicaux ferruginisés ;
- Au niveau des pentes inférieures des glacis, on distingue les sols ferrugineux tropicaux lessivés à conerétions, les sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes.

CARTE DE SITUATION DU MICRO BASSIN VERSANT



Source : PNGT2, 2005

Carte 4 : Localisation du micro bassin versant du Kouritenga

idem p. 22 et avant

*Quand on se trouve à
la source*

2.1.4. La province de la Kompienga

Le MBV de la Kompienga est situé dans la région Est du Burkina, précisément dans la province de la Kompienga. Il est à cheval sur les deux départements de Pama et de Kompienga et couvre une superficie de 93001,3 ha. Il est compris entre 0°30'-0°40' longitude Est et 11°05'-11°20' latitude Nord (Carte 5).

2.1.4.1. Climat

Le climat de la région est du type sud soudano-sahélienne qui est caractérisé par l'alternance de deux saisons :

- une saison pluvieuse de Mai à Septembre avec une moyenne annuelle comprise entre 700 et 1200 mm ;
- une saison sèche de sept à huit mois dominée par un vent sec et chaud, l'harmattan.

Cette région est l'une des plus arrosées du Burkina Faso et regorge d'énormes potentialités fauniques et floristiques. Il existe dans la région, d'importantes potentialités pour l'agriculture du fait de la faible densité de population. La région est cependant soumise à un important flux migratoire d'agriculteurs venant du centre du pays. Cette partie du pays devient également de plus en plus une zone importante d'accueil et de transit pour l'élevage transhumant en provenance du Nord du pays. De ce fait, on assiste de plus en plus à une dégradation inquiétante de l'environnement dans cette zone.

2.1.4.2. Végétation

La végétation du micro bassin est comprise dans le secteur phytogéographique soudanien septentrional. Cette végétation est fortement marquée par les empreintes d'une pression anthropique récente et présente, où l'on distingue les types de formations végétales ci-après (PGIE final KPG, 2006) :

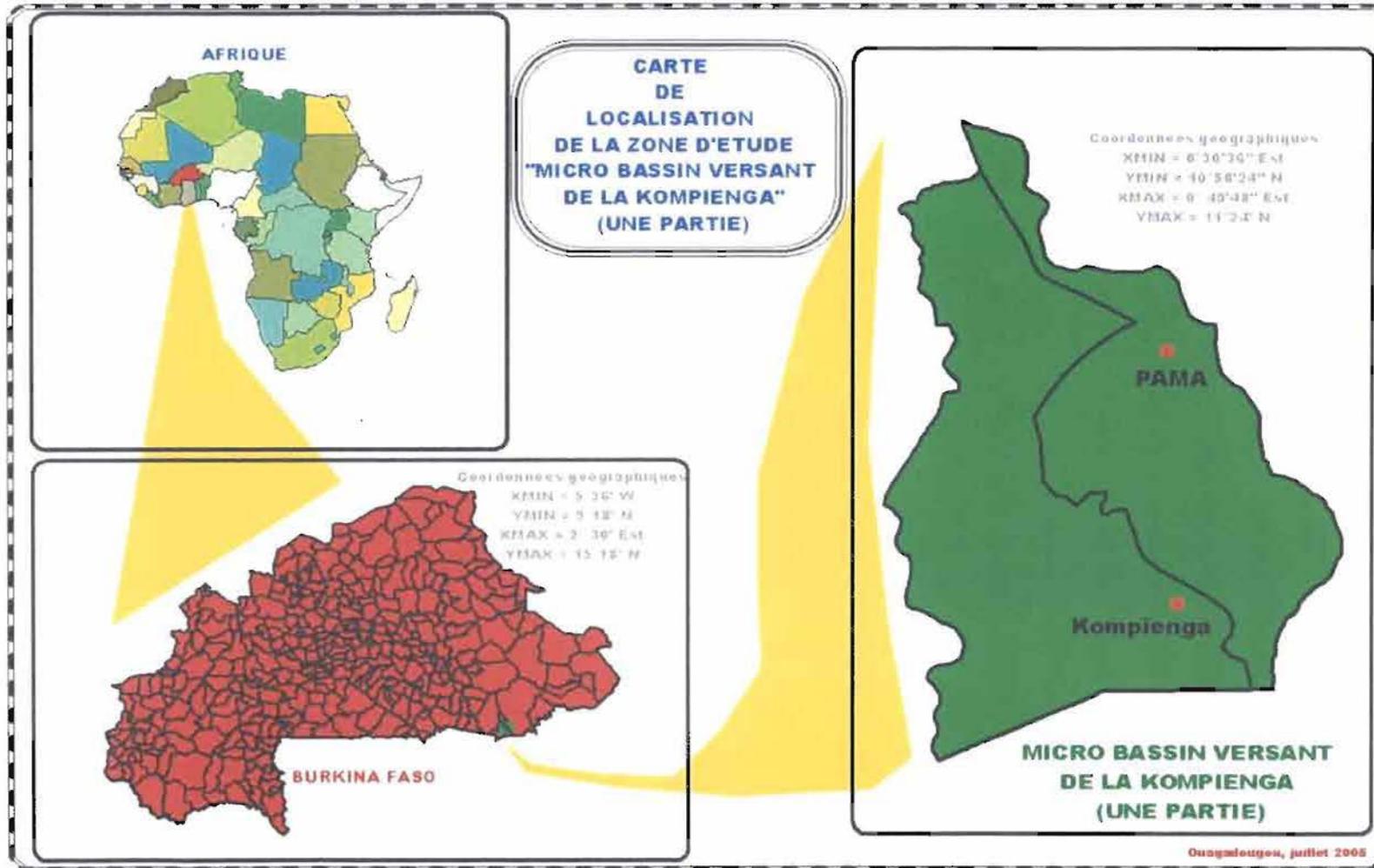
- Savanes arbustives claires: les plus caractéristiques du micro bassin. Elles sont composées de *Combretum glutinosum* Perr. ex DC, *Combretum ghazalense* Engl. Et Diels *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. *Acacia* sp, *Piliostigma* spp, *Vitellaria paradoxa* Gaerth.F.

- Savanes arborées clairsemées : marquées par des galeries ripicoles et des bourrelets de berges; les espèces les plus rencontrées sont : *Terminalia avicenioides* Guill. Et Perr. *Anogeissus leocarpus* (DC.).Hochst., *Diospyros mespiliformis* Hochst.ex.A.DC. *Tamarindus indica* L. *Vitellaria paradoxa* Gaertn. F. *Parkia biglobosa* (Jacq.)R. Br. Ex. G. Don. *Lannea microcarpa* Engel. et K/Krouse, *Adansonia digitata* Linn. *Myragina inermis* (Willd.) Kuntze.
- Tapis herbacé dense: caractérisé par des espèces pérennes telles *Andropogon gayanus* Kunth., *Pennisetum pedicellatum* Trin. *Brachiaria jubata* (Fig.et DC Not.) Stapf. dans les bas-fonds et le long des cours d'eau et espèces annuelles telles *Loudetia togoensis* (Pilg.) C.E. Hubb., *Schoenefeldia gracilis* Kunth.
- Des formations ripicoles : elles sont généralement présentes le long des cours d'eau, dans les bas-fonds. Ce sont *Ficus spp*, *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze, *Terminalia avicenioides* Guill.et Perr..

2.1.4.3. Sols

Les différents types de sol rencontrés sont (PICOFA, 2006).

- les sols ferrugineux tropicaux lessivés de profondeur variable, à texture sablo-limoneux, à charge graveleuse souvent élevée, à faible fertilité chimique et de rétention en eau. Ils sont pauvres en matière organique et en phosphore, azote et potassium.
- les sols hydromorphes peu humifères à gley et à pseudogley, de sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphes. Ils ont une texture variable sableuse, limono-argileuse, limono-sableuse (sols peu évolués d'apport), limono-argileuse à argilo-limoneuse (sols hydromorphes peu humifères à gley).
- les vertisols sur alluvions dans les cuvettes de décantation et des sols brunifiés. Ces sols sont profonds à texture argileuse (vertisols) et limono-argileuse à argileuse (sols brunifiés)



Source : PNGT2, 2005

Carte 5 : Localisation du micro bassin versant de la Kompienga

2.2. Les sites d'étude

Les principaux bassins versants ont été retenus en raison de leur importance mais aussi pour le besoin d'étudier l'évolution de la fertilité des sols suivant un gradient de pluviosité. Pour une bonne représentativité, l'étude a été menée dans chaque Micro Bassin versant (MBV) sur des sites situés en amont, en zone intermédiaire et en aval des bassins versants (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Sites retenus par bassin versant

Zone du bassin versant	Kompienga	Kouritenga	Sanmatenga	Soum
Amont	Kaboanga II	Nabnongzougou	-	Damba
Médiane	Oumpougdéni	Kampelzougou	Koutoumtenga	Sê et Filitili
Aval	-	-	Nakambe (Korsimoro)	-
Total	2	2	2	3

Au total, neuf (9) sites ont été retenus sur l'ensemble des quatre (4) bassins versants pour la collecte des données. Il faut aussi noter que cette étude rentre dans le cadre des activités que mène le SILEM (Sahel Integrated Lowland Ecosystem Management) à travers la restauration des processus écologiques dans l'espace des bassins versants ciblés.

2.3. Méthode d'échantillonnage au niveau des sites de mise en défens

Sur chaque site d'étude, il a été retenu trois (3) transects distants de 50 à 100 m et disposés perpendiculairement au cours d'eau principal. Ce dispositif permet de prendre en compte le plus grand nombre d'unités de végétation. Sur chaque transect, des placettes d'échantillonnage de 50 m x 20 m ont été installées de part et d'autre du cours d'eau en tenant compte des unités de végétation. Au moins deux (6) placettes ont été installées par transect

(Figure 2), mais pour ce qui concerne l'analyse chimique des sols, seulement 3 placettes par site ont été retenus.

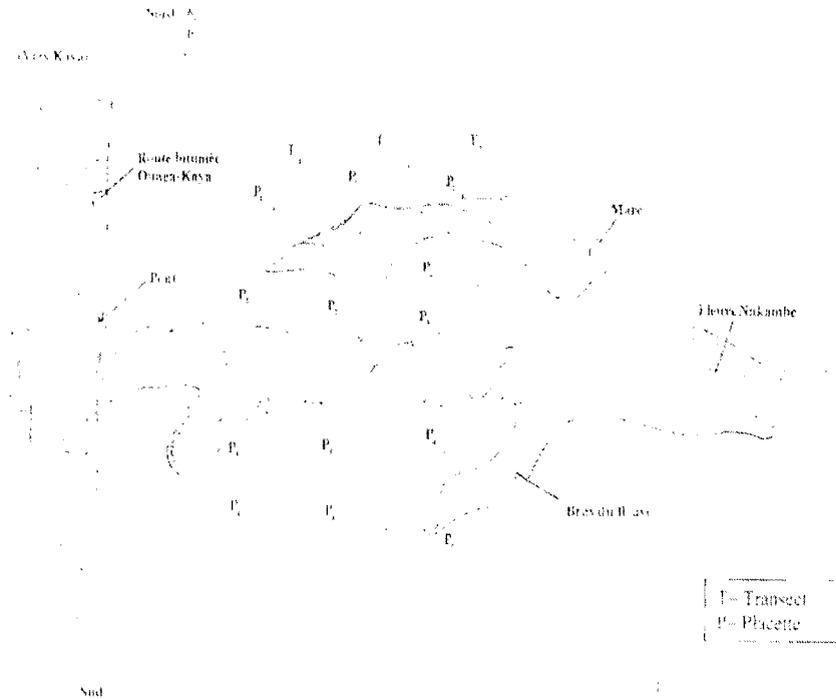


Figure 2 : Dispositif d'échantillonnage sur le site du Nakambé, Sanmatenga, (Tankoano, 2007).

La méthode d'échantillonnage du sol a consisté à faire 5 prises de sol au niveau de l'horizon 0-20 cm, puis à constituer ensuite un échantillon composite dans chaque placette pour les différentes analyses chimiques et physiques du sol (Figure 3).

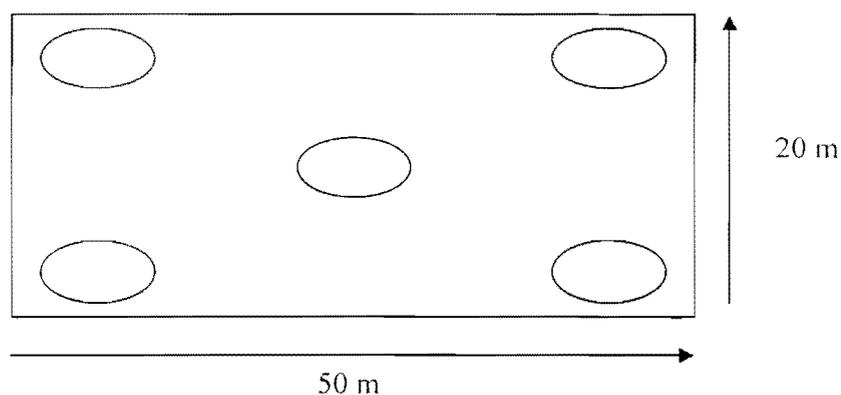


Figure 3 : Schéma du dispositif d'échantillonnage dans une placette

2.4. Echantillonnage au niveau des champs

Une étude a été effectuée au niveau des champs des paysans qui utilisent des techniques de gestion de la fertilité des sols (cordons pierreux).

L'échantillonnage au niveau des champs a consisté à prélever le sol (9 répétitions par bande de cordons pierreux) sur l'horizon 0-20 cm (**Figure 4**). De plus, l'activité biologique des sols a été observée par l'inventaire des populations de la faune du sol.

Au niveau de chaque site, au moins 2 champs ont été retenus. Cependant, compte tenu des prix élevés des analyses de sol et du nombre d'échantillons, un champ test a été retenu pour les analyses. Il s'agit de celui de Mr Pascal ZINABA, agriculteur à Kampelzougou (Province du Kouritenga).

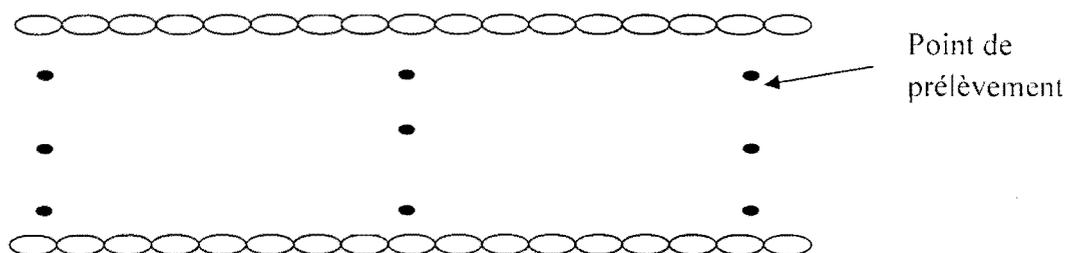


Figure 4: Prélèvement au niveau des champs

2.5. Présentation du champ test

Les échantillons de sol prélevés dans ce champ ont fait l'objet d'une étude du potentiel respiratoire. Cette évaluation est faite afin d'évaluer le potentiel respiratoire du sol en fonction du niveau de la pente (du haut de pente vers le bas de pente), et aussi en fonction de différents points d'un même niveau de pente. Au total, 30 échantillons de sol ont été prélevés (dont 3 échantillons dans un champ témoin ; champs dans lequel il n'y a pas de cordons pierreux). Les 30 échantillons ont aussi subi le fractionnement granulométrique (3 fractions) (Figure 5).

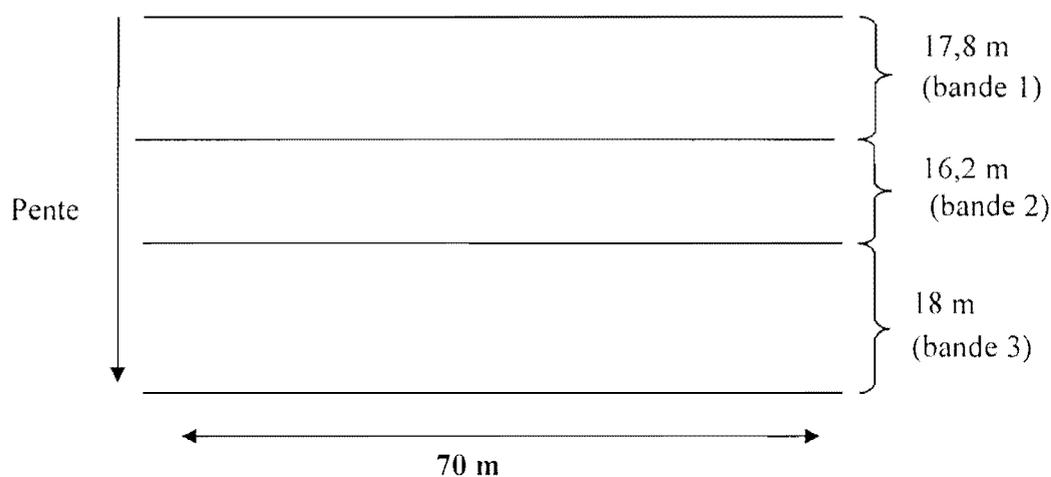


Figure 5 : Présentation du Champ test

2.6. Etude de la macrofaune du sol

L'estimation de la macrofaune du sol a été faite selon la technique des carrés avec fouille du sol par tri manuel selon la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) – (Anderson et Ingram, 1989). La fouille du sol s'effectue à la houe, après avoir délimité un carré de 25 cm × 25 cm de côté (**Figure 6**). Des opérateurs creusent simultanément une tranchée autour de ce carré, jusqu'à 30 cm de profondeur, afin de limiter autant que possible la fuite des insectes. Le bloc de terre ainsi délimité est ensuite fractionné et émiétté à la main. Le tri s'effectue à l'aide de pinces. Les individus de la macrofaune ainsi récoltés sont conservés dans des piluliers remplis d'alcool à 70%.

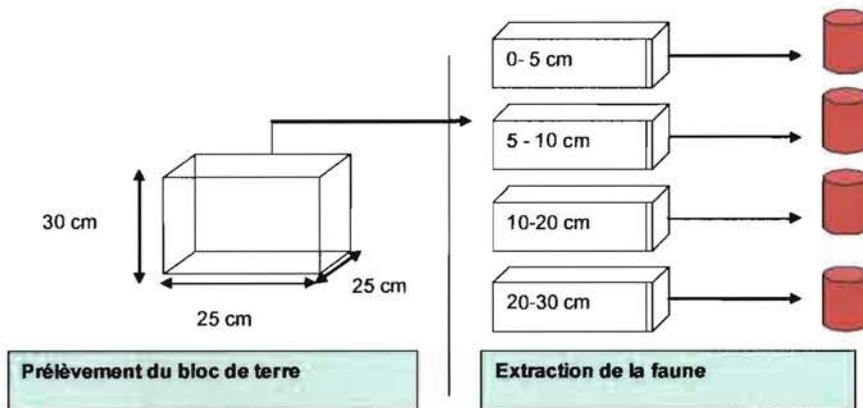


Figure 6 : Dispositif de prélèvement de la macrofaune du sol (méthode TSBF)

La macrofaune du sol, soigneusement récoltée a été observée et dénombrée au laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée de l'Université de Ouagadougou, à l'aide d'une loupe binoculaire. La détermination du groupe, de la famille ou du genre (selon les animaux) s'effectue à l'aide de clés d'identification au laboratoire du Musée d'Histoire Naturelle du CNRST (photo3c&d). Plusieurs clés appartenant à plusieurs auteurs ont été utilisées : Delvare et Aberlenc (1999); CIRAD, CNEARC (1998); Bland et Jacques (1987) ; Villiers (1997).



a)



b)

Photo a et b : Tri fin de la macrofaune au laboratoire et conservation dans des bocaux suivant la classe, l'ordre ou la famille

2.7. Paramètres physiques (fractionnement granulométrique)

L'intérêt de cette méthode de fractionnement est d'obtenir des fractions organiques naturelles peu ou pas chimiquement transformées, à des stades d'humification bien différenciés mais aussi d'appréhender les relations entre différents compartiments organiques d'un sol. Ainsi, cette méthode se base sur un fractionnement granulométrique du sol par simples tamisages successifs à sec et sous eau (Feller, 1979; Feller, 1991).

L'opération consiste à prendre 50g de sol sec (tamisé à 200⁰µm) et à y ajouter 200 ml d'eau distillée et 5 billes. Le tout est mis en agitation pendant 1 heure. Ensuite, le mélange est passé sous plusieurs tamis (50µm et 0,5µm) en agitation mécanique jusqu'à obtenir les différentes fractions propres qui sont recueillies dans différentes assiettes en aluminium. Ces différentes fractions sont séchées à l'étuve à 60°c puis récupérées (**Figure 7**). Enfin, le poids sec de chaque fraction est noté.

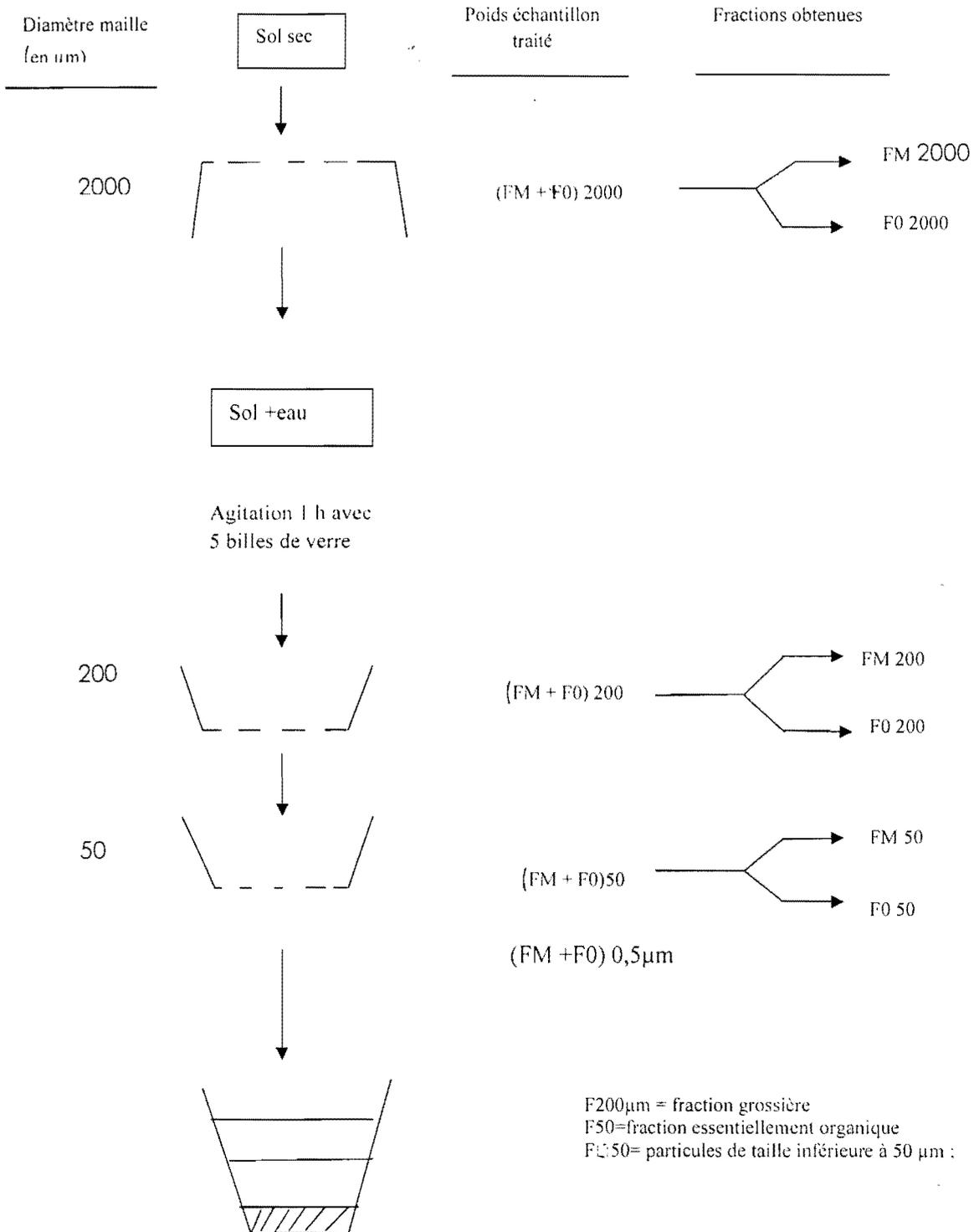


Figure 7: Schéma du fractionnement de sol (Feller, 1979)

NB: Pour ce qui nous concerne, nous avons considéré les fractions organo-minérales. Il n'y a pas eu de séparation des fractions minérales et organiques.

2.8. Paramètres chimiques du sol

2.8.1. Mesure du potentiel respiratoire du sol

La respiration du sol résulte de la dégradation de la matière organique (minéralisation). Cette activité biologique du sol consiste en de nombreuses activités individuelles, la formation de CO₂ est la dernière étape de la minéralisation du carbone. Le principe est basé sur la mesure du dégagement de CO₂ par l'échantillon de sol incubé dans une enceinte close. Le CO₂ dégagé est piégé dans une solution de NaOH puis titré par HCl (Dommergue, 1960; Bachelier, 1973).

Le test a consisté à mesurer, la quantité de CO₂ dégagé par des échantillons de sols incubés. Les incubations ont duré 14 jours et ont porté sur des prises d'essai de 50 g de terre tamisée à 2mm et humidifiée aux 2/3 de leur capacité maximale de rétention. Trois prises d'essai ont été effectuées sur chaque échantillon. La terre a été placée dans un bocal d'un litre avec deux flacons dont l'un contenait 20 ml de soude (NaOH 0,1N) et l'autre 20 ml d'eau distillée pour humidifier l'enceinte. Le CO₂ piégé par la soude est précipité par 3 ml d'une solution de chlorure de baryum (3%) et dosé par de l'acide chlorhydrique (HCl 0,1N) en présence de la phénophtaléine comme indicateur coloré. Le dosage a été effectué quotidiennement pendant les 7 premiers jours et tous les 2 jours du 8^{ème} au 14^{ème} jour d'incubation. On associe aux échantillons trois témoins (contenant uniquement les deux flacons : à soude et à eau). La quantité Q de CO₂ dégagée par jour est obtenue par la formule utilisée par (Dommergues, 1960; Tiessen et Moir, 1993b) : $Q \text{ (mg)} = [V_{\text{HCl}} \text{ (blancs)} - V_{\text{HCl}} \text{ (traitement)}] \times 2,2$

Avec : - $V_{\text{HCl}} \text{ (blancs)}$ = volume moyen d'acide chlorhydrique pour le témoin

- $V_{\text{HCl}} \text{ (traitement)}$ = volume moyen d'acide chlorhydrique pour le traitement

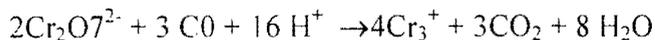
- le coefficient 2.2 signifie qu'à 2,2 mg de CO₂ correspond 1 ml de HCl (0,1N)

2.8.2. Mesure du pH

Le pH H₂O a été mesuré, à partir d'une suspension de sol dans l'eau par la méthode électrométrique au pHmètre à électrode de verre. Le support sol/ solution est de 1/2,5 selon les normes Afnor (1981). La valeur du pH KCl quant à elle, est déterminée après ajout de 3,79g de KCl dans le mélange précédent et agité pendant 30 mn.

2.8.3. Dosage du carbone total

La méthode utilisée est celle de Walkley-Black (1934). C'est une méthode par voie humide; elle consiste en une oxydation à froid d'un échantillon (solide ou liquide) par une solution de bichromate de potassium en présence d'acide sulfurique. L'excès de bichromate est dosé en retour avec une solution standard de Fe²⁺ (dans du sulfate d'ammonium ferreux : sel de Mohr dont la formule chimique est FeSO₄ (NH₄)₆) pour déterminer la quantité qui a réagi. Les équations de réaction sont les suivantes :



2.8.4. Dosage de l'azote total

L'azote est dosé par la méthode de Kjeldahl (Hillebrand et *al.* 1953). Les échantillons de sol ont été soumis à une minéralisation Kjeldahl, avec l'acide H₂SO₄ et C₇H₆O₃ en présence de H₂O₂, et du sélénium qui est utilisé comme catalyseur. Après cette minéralisation, la solution aqueuse est mélangée à du carbone actif. Les éléments azotés sont déterminés directement à l'auto analyseur SKALAR.

2.8.5. Dosage du phosphore

La minéralisation est identique à celle de l'azote total. Le dosage se fait par colorimétrie automatique au SKALAR. Le molybdate d'ammonium et le potassium antimoine tartrate réagissent en milieu acide avec l'acide ascorbique en formant un complexe coloré en bleu en présence de P dont l'absorbance est mesurée à 880nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de P dans le milieu.

2.8.6. Dosage du potassium total

La méthode de minéralisation est identique à celle décrite précédemment sauf que le potassium est déterminé à l'aide d'un photomètre à flamme.

2.8.7. Bases échangeables et Capacité d'échange cationique (CEC)

La méthode d'analyse utilise l'argent thiourée à 0,01 M (mélange de AgNO_3) et le Thiourée (H_2NCSNH_2): On agite l'échantillon avec une solution d'Argent Thiourée (AgTu) pendant deux heures. Ensuite, l'échantillon est filtré ou centrifugé. Après cela, on procède à la détermination de Ca^{2+} et du Mg^{2+} dans le filtrat ou le centrifugat à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (ASS). La détermination du potassium et du sodium dans le filtrat se fait à l'aide d'un photomètre à flamme. Quant à la Capacité d'échange cationique, c'est la quantité d'argent dosé dans le filtrat qui la représente :

$$\text{CEC} = \text{S} + \text{A} + \text{Mn}. \quad (\text{A} = \text{H}^+ + \sum \text{Al}) \text{ et } \text{S} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}.$$

2.9. Traitement des données

Les résultats des différents traitements ont fait l'objet d'analyses statistiques à l'aide du Logiciel XLSTAT et Excel.

Pour l'inventaire de la macrofaune du sol, les données sont obtenues après des calculs de certains paramètres tels que:

- (a) L'abondance-densité (nombre moyen d'individus par unité de surface);
- (b) la diversité, évaluée à partir des indices de Shannon-Waeber (H') et l'équitabilité (E).

Le premier tient compte du nombre de taxa rencontrés (S). Sa valeur est donnée par:

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

L'Équitabilité (E) ou régularité mesure la répartition équitable des taxa et permet de comparer des peuplements comportant des nombres de taxa différents. L'objectif étant d'observer l'équilibre des populations présentes. Sa valeur est donnée par la formule:

$$E = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

L'Equitabilité tend vers 0 lorsqu'un taxon domine assez largement un peuplement et est égale à 1 lorsque tous les groupes sont uniformément représentés.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Impact de la mise en défens sur la texture des sols

3.1.1. Caractérisation physique des échantillons

La **Figure 8** correspond à la répartition quantitative des éléments minéraux des échantillons de sol des parcelles de mise en défens des différents Micro bassins versants. Il ressort de l'analyse granulométrique, que le MBV de Koutoumtenga (Kaya) présente des fortes proportions en argiles et limons (respectivement de 30,06% et 35,95%) ainsi que la plus faible proportion en sables (33,98%). Par contre, les MBV se situant au Nord du pays (Damba, Sê et Filifili) ont les plus fortes proportions en sables (proportion variant de 67,32% à 79,08%) et les plus faibles en argiles et limons (9% - 22% pour l'argile contre 10,45%-11,11% pour limons). Les autres MBV présentent à peu près les mêmes proportions en argiles-sables-limons.

Le test de comparaison de variance de Newman-Keuls au seuil de 5% indique que ces différences sont significatives ($p \leq 0,01$). Cela laisse apparaître en effet que la situation géographique des MBV influe fortement sur la granulométrie des sols.

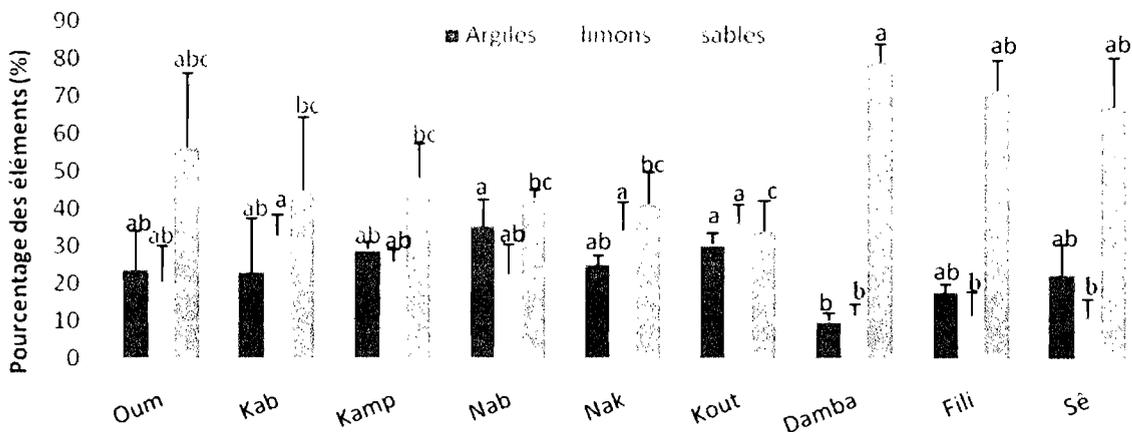


Figure 8 : Répartition granulométrique des sols des parcelles de mise en défens

NB : Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité d'après le test de Newman-Keuls. Kamp : Kampelzougou ; Oum : Oumpougdeni ; Kab : Kaboanga ; Nab : Nabnonzougou ; Kout : Koutoumtenga ; Fili : Filifili.

3.1.2. Comparaison de la teneur en éléments fins

Les teneurs ou les stocks de carbone sont principalement déterminés par la teneur en éléments fins (Argile + limons) (Feller, 1994). De ce fait, il apparaît plus judicieux de faire une sommation des éléments fins (argile+ limons) dans les différents micro-bassins versants (**Figure 9**).

On observe alors que les proportions d'éléments fins dans les MBV du Nord (Damba, Filifili et Sê) se distinguent clairement de celles des autres MBV par leurs faibles proportions. L'analyse statistique confirme cela, avec une probabilité ($p \leq 0,001$). Le pourcentage en éléments fins du MBV de Koutoumtenga est le plus élevé (66,013%).

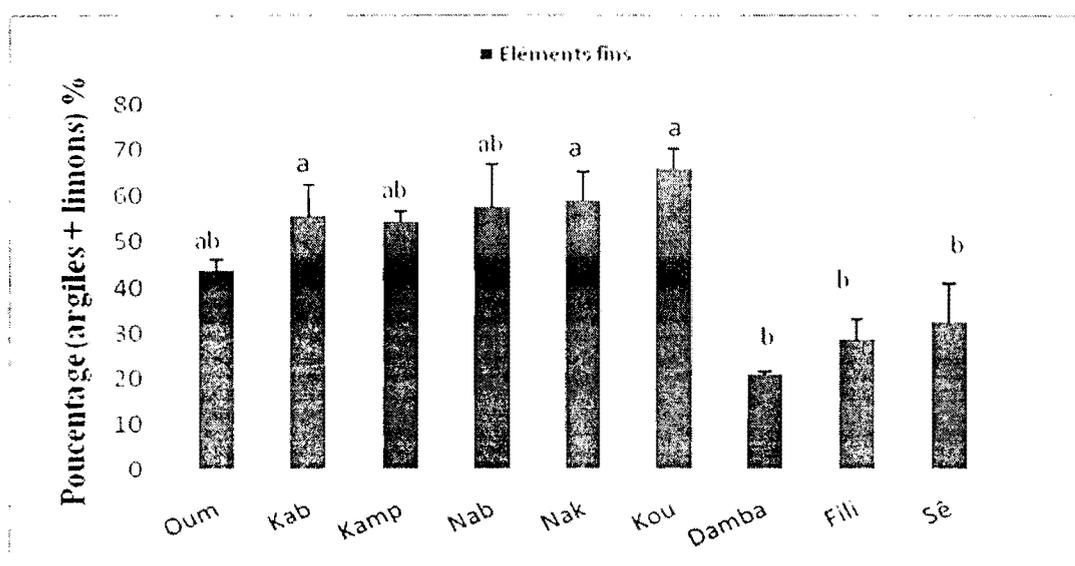


Figure 9 : Pourcentage d'éléments fins entre les différents MBV

NB : Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité d'après le test de Newman-Keuls.

Kamp : Kampelzougou ; Oum : Oumpougdeni ; Kab : Kaboanga ; Nab : Nabnonzougou ; Kou : Koutoumtenga ; Fili : Filifili.

3.2. Impact de la mise en défens sur les paramètres chimiques du sol

On constate tout d'abord que les teneurs en carbone total, et en azote total ne montrent pas de différence significative entre les différentes parcelles de mise en défens bien que des valeurs importantes sont notées au niveau des sites de Kampelzougou (12,23 g-C/kg sol), Nabnonzougou (10,3 g-C/kg sol), et Oumpougdeni (10,1g-C/Kg sol). Par contre, au niveau du pH, on note une légère acidification des sols dans les sites de Koutoumtenga, du Nakambé et de Filifili. De plus, nous remarquons que, les teneurs en carbone total et en azote sont aussi faibles dans ces sites. Cela laisse supposer que l'acidité aurait un impact sur le stockage de la matière organique et aussi sur l'activité des microorganismes (Aciego Pietri et Brookes, 2008).

Tableau 2: Effet de la mise en défens sur les paramètres chimiques du sol

	pHeau	pHKCL	C-total (g Kg ⁻¹)	N-total (g Kg ⁻¹)	C/N
Oum	6,82±0,28a	5,67±0,93a	10,1 ±4,14a	0,76±0,25a	13±1,12a
Kab	6,01±0,16abc	5,177±0,26a	8,47±5,06a	0,657±0,35a	12±1,33a
Kamp	6,49±0,44ab	5,54±0,76a	12,23±5,7a	0,907±0,29a	13±1,85a
Nab	6,29±0,07abc	5,43±0,11a	10,3±1,25a	0,78±0,07a	13±0,51a
Nak	5,55±0,34bc	4,51±0,26a	8,63±0,75a	0,67±0,04a	12±0,33a
Kout	5,96±0,07abc	4,77±0,20a	5,77±1,62a	0,45±0,11a	13±0,83a
Damba	6,24±0,69abc	5,27±0,82a	5,87±0,7a	0,447±0,05a	13±0,46a
Fili	5,346±0,26c	4,21±0,12a	7,6±2,17a	0,57±0,13a	13±0,92a
Sê	6,16±0,36abc	5,05±0,31a	5,53±0,25a	0,47±0,02a	12±0,73a
Pr □ F	0,002	0,042	0,164	0,06	0,762
Signification	S	NS	NS	NS	NS

NB : Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité d'après le test de Newman-Keuls. Kamp : Kampelzougou ; Oum : Oumpougdeni ; Kab : Kaboanga; Nab : Nabnonzougou ; Kout : Koutoumtenga ; Fili: Filifil ; Pr □ F : Probabilité observée ; NS : Non significatif ; S : Significatif

3.2.1. Evolution temporelle des paramètres chimiques

Le **Tableau 3** compare les teneurs en carbone total entre deux années de mise en défens. L'analyse de ce tableau montre une augmentation des teneurs en carbone total dans les différents sites sauf au niveau des sites de Koutoumtenga et de Kaboanga où la tendance est à la baisse. Cela s'expliquerait par l'influence humaine et animale forte dans ces sites. En effet, la présence d'un grand nombre d'éléphant sur le site de Kaboanga contribue d'abord à un prélèvement plus accru et ensuite à une destruction plus accentuée de la végétation en pleine régénération : ce qui joue fortement sur la reconstitution et l'amélioration des conditions édaphiques du milieu.

Concernant le site de Koutoumtenga la perturbation du milieu (par la mise en culture) pourrait expliquer la baisse des teneurs en carbone total au fil du temps.

Seuls, les sites de Nabnonzougou et de Filifili, connaissent une augmentation significative des teneurs en carbone total entre 2006 et 2008. La faible influence de l'homme sur ces sites additionnée à la protection expliquerait la tendance à la hausse des teneurs de carbone total dans ces sites. De plus, il semblerait que ces sites soient en effet des bois sacrés.

Tableau 3 : Evolution temporelle de la teneur en carbone total dans les différents sites

Sites	Ct (g Kg ⁻¹)	Ct (g Kg ⁻¹)	Pr \square F	Signification
	Année 2006	Année 2008		
Oum	8,769	10,1	0,614	NS
Kab	9,067	8,467	0,848	NS
Kamp	12,09	12,23	0,97	NS
Nab	7,17b	13,3a	0,01	S
Nak	5,939	8,633	0,08	NS
Kout	6,817	5,767	0,386	NS
Damba	4,417	5,867	0,208	NS
Fili	2,87b	7,6a	0,03	S
Sê	3,43	5,53	0,07	NS

NB : Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité d'après le test de Newman-Keuls. Kamp: Kampelzougou ; Oum : Oumpougdeni ; Kab: Kaboanga; Nab: Nabnonzougou ; Kout: Koutoumtenga ; Fili: Filifili ; Pr \square F : Probabilité observée ; NS : Non significatif; S : Significatif

3.2.2. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés

L'Analyse en Composantes Principales permet de prendre en considération l'ensemble des paramètres de fertilité en une seule analyse et de dégager ainsi les principales tendances à l'origine des variations de fertilité observées. Aussi, cette analyse nous permet de dégager les principaux traits des interactions entre les différentes composantes suivies dans les différentes parcelles de mise en défens. La sous-parcelle de 50 x 20 m est l'unité d'échantillonnage. Nous utilisons les résultats obtenus dans les parcelles de mise en défens dans les différents sites : Damba, Sé, Filifili, Nakambé, Koutoumtenga, Kampelzougou, Nabnonzougou, Oumpougdeni, Kaboanga.

Les variables mesurées sont :

- MOT : la matière organique
- Ct : carbone total
- Nt : azote total
- C/N
- Pt : Phosphore total
- Kt : Potassium total
- Bases échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , K^{+})
- CEC : Capacité d'Echange Cationique
- S : Somme des bases
- pHeau
- pHKCL
- Arg : Argile (%)
- Limt : limons (%)
- Sables (%)
- E fins : Eléments fins (%)

3.2.3. Corrélation entre les variables

Les résultats de l'analyse (**Tableau 4**) montrent une corrélation positive et forte entre le carbone et l'azote ($R=0,996$). Cependant, et contrairement à ce dont on aurait pu s'attendre

(Feller, 1994). les deux variables (azote, carbone) ne montrent pas une corrélation significative ni avec l'argile, ni avec les limons.

Nous notons aussi, une corrélation positive entre les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} , et entre ceux-ci et la somme des bases (S). Nous pouvons donc déduire que, les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} constituent une part importante dans la constitution de la somme des bases.

Concernant les corrélations entre les paramètres physico-chimiques, nous constatons une relation positive entre le pourcentage d'argile et la quantité en ions Mg^{2+} ($R=0.676$). En revanche, la corrélation est négative entre la quantité en ions Mg^{2+} et le pourcentage de sables. De plus, le pourcentage de sables est pour la plupart des cas, corrélé négativement avec les paramètres chimiques du sol (CEC, Pt, Mg^{2+}).

Ces résultats montrent que les paramètres physiques et chimiques du sol sont intimement liés. Cette liaison est beaucoup plus observée à travers la fraction fine du sol. La fraction grossière (les sables) possède un pouvoir de rétention faible en éléments minéraux. Cela se justifie par le fait que les flux des matières dans les sols sableux sont extrêmement rapides et par conséquent fortement tributaire des entrées en quantité et en qualité et des acteurs biologiques de la décomposition (Masse, 2007). Par contre, les composés organiques et minéraux ont tendance à s'adsorber sur les particules argileuses et ainsi à être stockés de manière plus efficace (Brondex, 1995).

Tableau 4 : Coefficients de corrélations de Pearson entre les variables étudiées

	MOI	Cl	NI	CN	Pt	Kt	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁻	Na ⁻	CEC	S	ST	pHeau	pHKcl	Arg	hmt	Efms	Sables
MOI	1	1,000	0,995	0,492	0,202	-0,642	0,575	0,433	-0,327	0,046	-0,211	0,521	0,596	0,405	0,483	0,502	0,248	0,397	-0,365
Cl	1,000	1	0,996	0,490	0,205	-0,641	0,576	0,434	-0,327	0,045	-0,208	0,522	0,596	0,405	0,483	0,504	0,250	0,400	-0,368
NI	0,995	0,996	1	0,415	0,232	-0,664	0,597	0,465	-0,312	0,063	-0,198	0,517	0,599	0,410	0,491	0,535	0,263	0,423	-0,392
CN	0,492	0,490	0,415	1	0,119	-0,204	0,034	-0,017	0,234	-0,098	0,100	0,011	0,262	0,015	0,054	-0,038	0,003	-0,016	0,029
Pt	0,202	0,205	0,232	0,119	1	-0,183	0,166	0,356	-0,052	0,217	0,688	0,213	0,248	-0,274	-0,192	0,522	0,634	0,659	-0,674
Kt	-0,642	-0,641	-0,664	-0,204	-0,183	1	-0,225	-0,269	0,377	-0,142	0,401	-0,226	-0,262	-0,052	-0,392	0,458	0,300	-0,020	0,005
Ca ²⁺	0,575	0,576	0,597	0,034	0,166	-0,225	1	0,945	0,300	0,477	-0,034	0,995	0,945	0,316	0,614	0,600	0,515	0,618	-0,619
Mg ²⁺	0,433	0,434	0,465	-0,017	0,356	-0,269	0,945	1	0,316	0,497	0,108	0,972	0,917	0,432	0,490	0,676	0,521	0,658	-0,672
K ⁻	-0,327	-0,327	-0,312	-0,234	-0,052	0,377	0,300	0,316	1	0,395	-0,185	0,341	0,243	0,138	0,271	0,338	0,038	-0,134	0,108
Na ⁻	0,046	0,045	0,063	-0,098	-0,217	-0,142	0,477	0,497	0,395	1	-0,263	0,509	0,498	0,266	0,532	-0,107	0,183	-0,169	0,147
CEC	-0,211	-0,208	-0,198	-0,100	0,688	0,401	-0,034	0,108	-0,185	0,263	1	-0,004	0,033	-0,358	-0,427	0,359	0,759	0,664	-0,680
S	0,521	0,522	0,547	0,011	0,213	-0,226	0,995	0,972	0,341	0,509	-0,004	1	0,946	0,525	0,592	0,604	0,511	0,617	-0,623
ST	0,596	0,596	0,599	0,262	0,248	-0,262	0,945	0,917	0,243	0,498	0,033	0,946	1	0,620	0,669	0,590	0,502	0,604	-0,605
pHeau	0,405	0,405	0,410	0,015	-0,274	-0,353	0,547	0,432	0,138	0,626	-0,358	0,525	0,620	1	0,961	0,194	-0,087	0,035	-0,017
pHKCl	0,483	0,483	0,491	0,054	-0,192	-0,392	0,614	0,490	0,271	0,532	-0,427	0,592	0,669	0,961	1	0,217	-0,042	0,075	-0,055
Arg	0,502	0,504	0,535	-0,038	0,522	-0,458	0,600	0,676	-0,338	-0,107	0,359	0,604	0,590	0,194	0,217	1	0,577	0,846	-0,840
hmt	0,248	0,250	0,263	0,003	0,634	0,300	0,515	0,521	0,038	-0,183	0,759	0,511	0,502	-0,087	-0,042	0,577	1	0,923	-0,926
Efms	0,397	0,400	0,423	-0,016	0,659	-0,020	0,618	0,658	-0,134	-0,169	0,664	0,617	0,604	0,035	0,075	0,846	0,923	1	-0,998
Sables	-0,365	-0,368	-0,392	0,029	-0,674	0,005	-0,619	-0,672	0,108	0,147	-0,680	-0,623	-0,605	-0,017	-0,055	-0,840	-0,926	-0,998	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil $\alpha=0,050$ (test bilatéral)

3.2.4. Représentation des variables selon les axes

Les **Figures 10 et 11** représentent, dans un espace bidimensionnel, l'ensemble des descripteurs. La variance expliquée par les trois axes principaux est respectivement de 43,44% pour l'axe principal, 22,78% pour le second axe et de 15,74 % pour le troisième axe soit un total de 81,96%.

Les variables qui contribuent à la définition de la variance de l'axe principal sont: les quantités d'ions Ca^{2+} (10,01%) et Mg^{2+} (9,36%) la somme des bases échangeables (9,78%), le pourcentage d'argile (7,47%) et le pourcentage de sable (9,41%). Les variables Capacité d'échange cationique (CEC:18,764%), le pourcentage de limon (11,569%), le phosphore total (9,878%), le pH eau (9,941%) ainsi que le pH KCl (9,94%) contribuent beaucoup plus à la formation du second axe. Quant au troisième axe, c'est le groupe des variables telles que le carbone total (9,948%), l'azote total (9,015%), le potassium total (10,06%) et les ions potassium (21,23%) et sodium (9,74%).

Nous constatons que le pourcentage d'argile semble corrélé positivement avec la quantité d'ion calcium, la CEC et la somme des bases échangeables et négativement avec le pourcentage de sable.

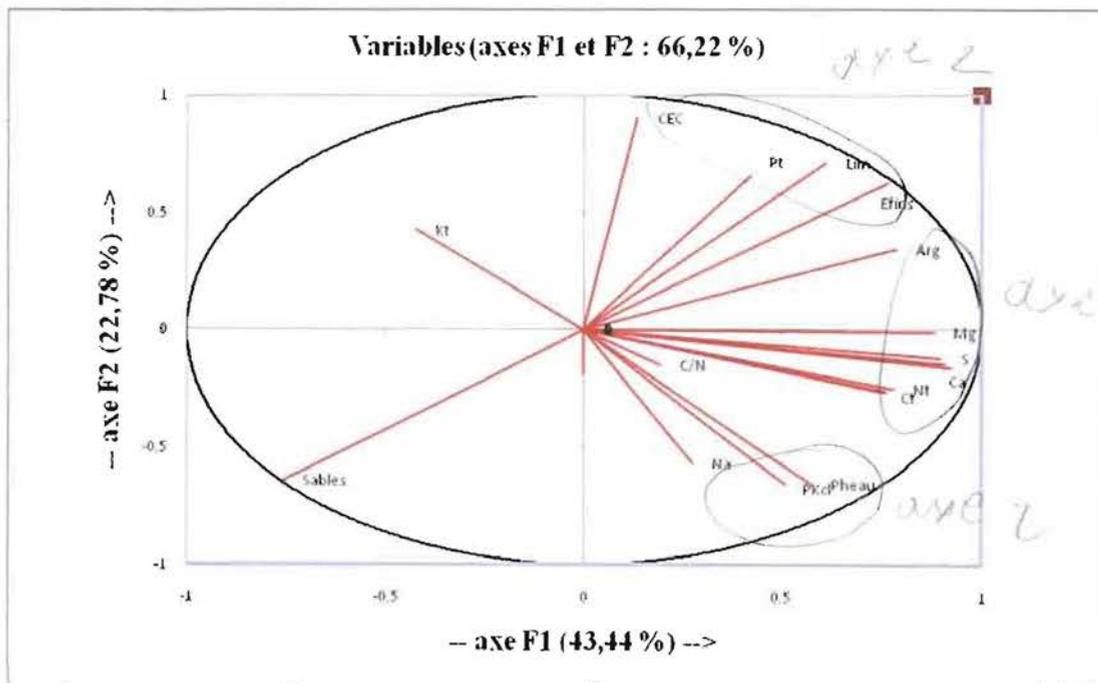


Figure 10 : Position des variables par rapport aux composantes principales F1 et F2

N202

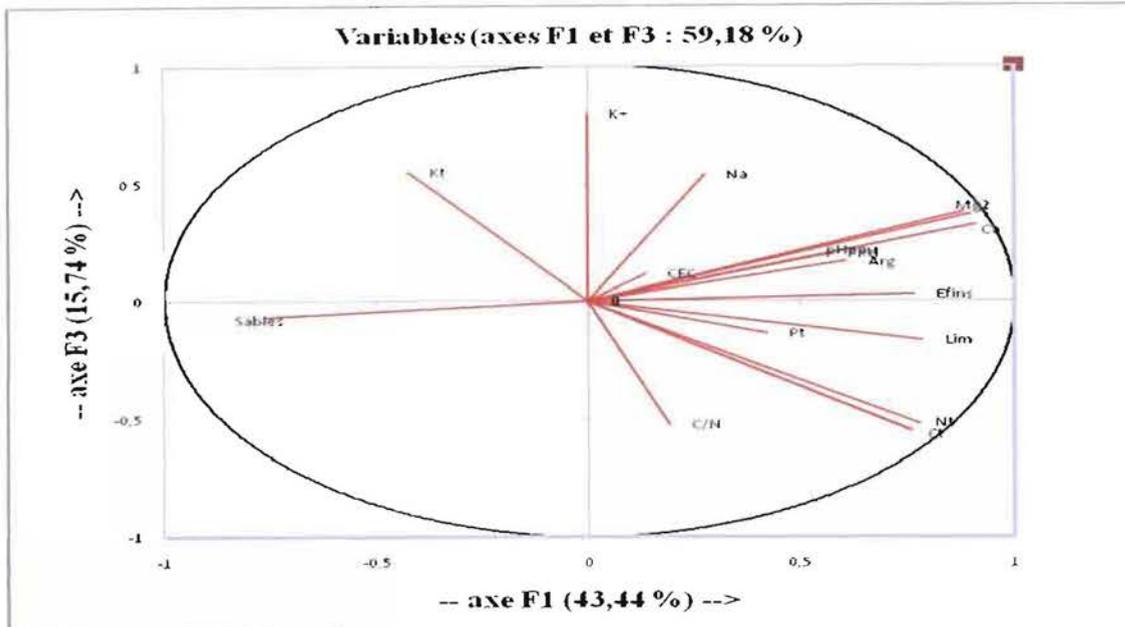


Figure 11 : Position des variables par rapport aux composantes principales F1 et F3

3.2.5. Projection des individus selon les axes principaux

La projection selon les deux axes principaux (F1 et F2) donne des ensembles groupés ou sous-populations proches de certaines variables (Figure 12).

Ainsi, cette projection oppose selon l'axe F1, les sous populations caractérisées par de fortes proportions en argile, en ions Mg^{2+} , Ca^{2+} , en somme de bases échangeables (S), et celles qui en possèdent de faibles proportions et notamment, celles qui ont en plus des proportions élevées en sables. La première catégorie concerne surtout les sites où les sous populations de Kaboanga II, de Kampelzougou et celui de Oumpougéni; la deuxième catégorie concerne les sites de Damba, Sê et de Filifili situé plus au Nord.

L'axe F2 oppose les sous populations caractérisées par une forte capacité d'échange cationique (CEC) ainsi qu'une forte proportion en limon (Sites du Nakambé et de Koutoumtenga) à celles présentant une faible capacité d'échange cationique d'une part et d'autre part, une faible proportion en limon (sites de Damba, Sê et Filifili).

ts

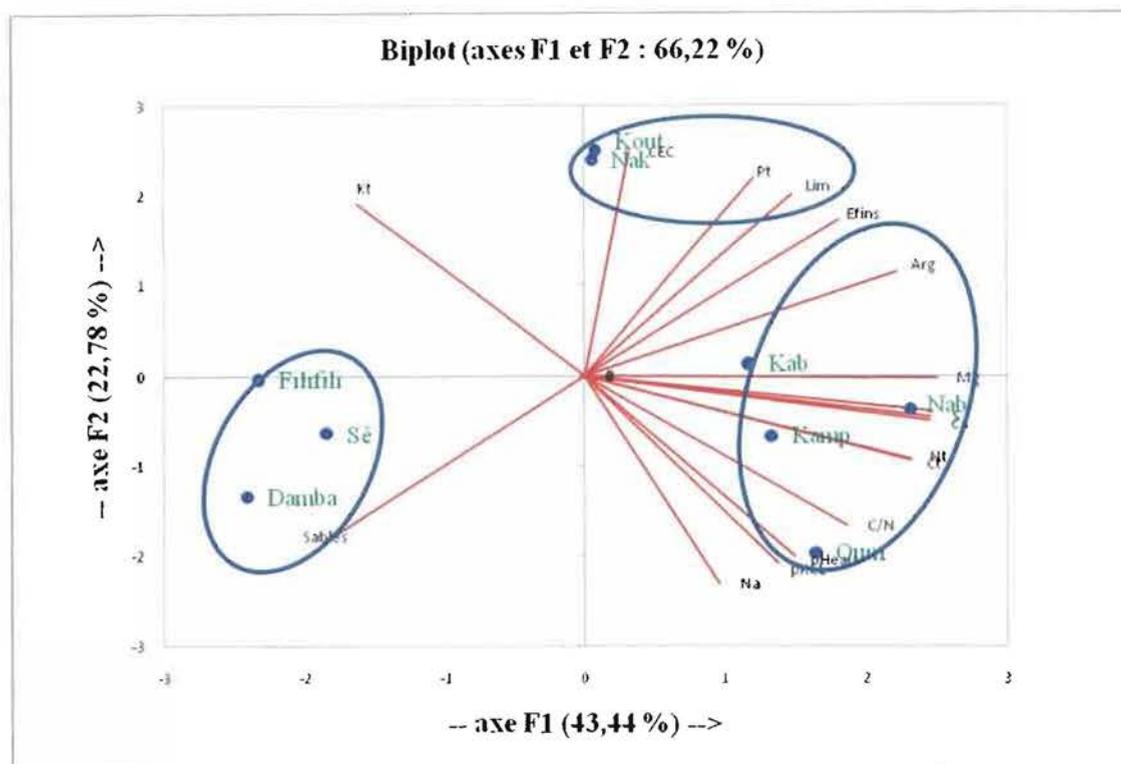


Figure 12 : Projection des individus et des variables selon le plan F1, F2

NB : Kamp: Kampilzougou ; Oum : Oumpougdeni ; Kab : Kaboanga ; Nab : Nabnonzougou ; Kout : Koutoumtenga ; Fili: Filifili

3.2.6. Discussion sur l'impact de la mise en défens sur la texture du sol

La comparaison des proportions en argile montre que nos valeurs sont supérieures aux valeurs trouvées lors d'autres études. Zombré et *al.* (2005) par exemple sur un sol brun végétalisé à 0-20 cm avait trouvé un pourcentage en argile de 19,60% et en limon de 13,7% et aussi sur un sol ferrugineux végétalisé une valeur de 6,82% en argile.

Cependant, il faut noter qu'il ya des disparités dans certains sites. Certains sites (Koutoumtenga et Nabnonzougou) présentent des teneurs en carbone et en azote totaux faibles malgré de fortes proportions en argile. Cela serait du à la nature de l'argile qui doit être probablement de la montmorillonite. Cette hypothèse est soutenue par Ouattara et *al.* (2000), qui estiment que dans certains cas, de faible statut organique ainsi que de fortes capacités d'échange cationique indiqueraient l'existence d'argiles à plus forte capacité d'échange cationique que la kaolinite comme la montmorillonite dans ou à proximité des bas-fonds.

3.3. Impact des cordons pierreux sur la fertilité des sols

Dans les bassins versants, d'autres techniques de gestion de la fertilité des sols sont utilisées, parmi lesquelles nous avons l'aménagement en cordons pierreux.

L'objectif de ce point est de suivre l'évolution et la variation des paramètres physico-chimique et biologiques à différents niveaux de l'aménagement en cordons pierreux.

3.3.1. Impact de l'aménagement en cordons pierreux sur la macrofaune du sol

Les organismes du sol fournissent un large éventail de services indispensables à la fonction durable dans les agro-systèmes. Les études en écologie tropicale soulignent le rôle fondamental de la macrofaune du sol dans le fonctionnement des écosystèmes tropicaux (Konaté *et al.*, 2003). Ainsi, les vers de terre, les termites, les fourmis, constituent les composantes les plus importantes de la macrofaune des sols tropicaux où leurs rôles écologiques font d'eux de véritables ingénieurs de l'écosystème (Jones *et al.*, 1994), c'est à-dire des organismes capables de contrôler la disponibilité en ressources essentielles (eau, nutriments) pour d'autres organismes, du fait des modifications physiques apportées au milieu.

De cette étude, nous allons nous intéresser à l'abondance, à la diversité et à l'activité de la macrofaune au niveau des différentes bandes de cordons pierreux et en fonction de la pente.

3.3.1.1. Résultats globaux sur l'inventaire de la macrofaune

La macrofaune totale des sols a été évaluée selon la méthode TSBF (Chotte *et al.*, 2000 ; Lavelle *et al.*, 2000). Le **Tableau 5** montre la variabilité de la présence des différents ordres de la macrofaune dans chaque site.

Pour les trois sites, l'inventaire aboutit à la définition de 2 Embranchements regroupant 4 classes, et 11 ordres.

Plusieurs ordres d'arthropodes ont été capturés dans les champs des sites (Kaboanga, Oumpougdeni, Kampelzougou). Ces ordres incluent : les Coléoptères, les Hyménoptères, les Orthoptères, les Hémiptères, les Isoptères, les Geophilomorpha, les Aranea, les Acariens, les Scorpions, les Scutigéromorpha. En plus des Arthropodes, il ya les Annélides

représentés par l'ordre des Haplotaxida. Toutefois, l'inventaire indique une nette domination des Arthropodes. Ensuite, nous avons la classe des insectes suivie de celles des Chilopodes, des Oligochètes et des Arachnides. Aussi, le nombre d'ordres présents varie d'un site à l'autre.

Tableau 5: Matrice de présence-absence des ordres répertoriés

Classes	Ordres	Kaboanga	Oumpougdeni	Kampelzougou	Témoin
Arachnides	Aranea	+	+	+	-
	Acariens	-	-	+	-
	Scorpions	-	+	+	-
Chilopodes	Geophilomorpha	+	-	+	+
	Scutigermorpha	+	-	+	+
Oligochètes	Haplotaxida	+	+	+	+
Insectes	Hémiptères	+	+	+	-
	Hyménoptères	+	+	+	+
	Isoptères	+	+	+	+
	Orthoptères	-	-	+	-
	Coléoptères	+	-	+	-

NB : + : Présence; - : Absence

3.3.1.2. Variation du nombre d'individu et du nombre de famille par site

L'examen de la **Figure 13b** montre que le site de Kampelzougou révèle une bonne représentativité des familles (13) par rapport aux autres sites (11 et 8 respectivement pour Kaboanga et Oumpougdeni). Par contre, du point de vue abondance, c'est le site de Kaboanga qui possède le nombre le plus élevé d'individus (412). Puis, suit le site de Oumpougdeni (293) et celui de Kampelzougou (289)-(Figure 13a). Le champ témoin (sans cordons pierreux) possède les valeurs les plus faibles tant au niveau du nombre d'individus (32) qu'au niveau du nombre de famille (4).

Ces différences proviennent probablement de la situation géographique des sites qui confère des taux d'humidité différents dues certainement à la différence de pluviosité. Par ailleurs, outre les pratiques culturales, les propriétés du sol telles que l'humidité, la porosité, la température, la teneur en matière organique sont susceptibles de jouer un rôle dans le déterminisme de la macrofaune du sol (Bachelier, 1978).

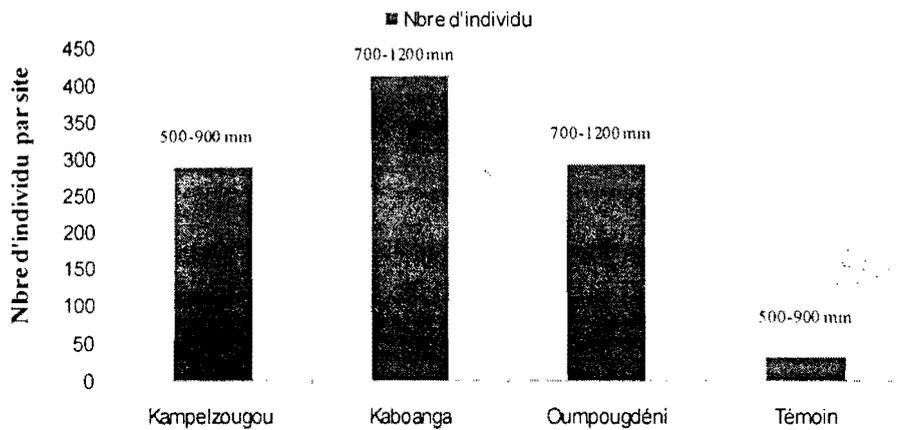


Figure 13 a : Variation du nombre d'individu selon le gradient climatique

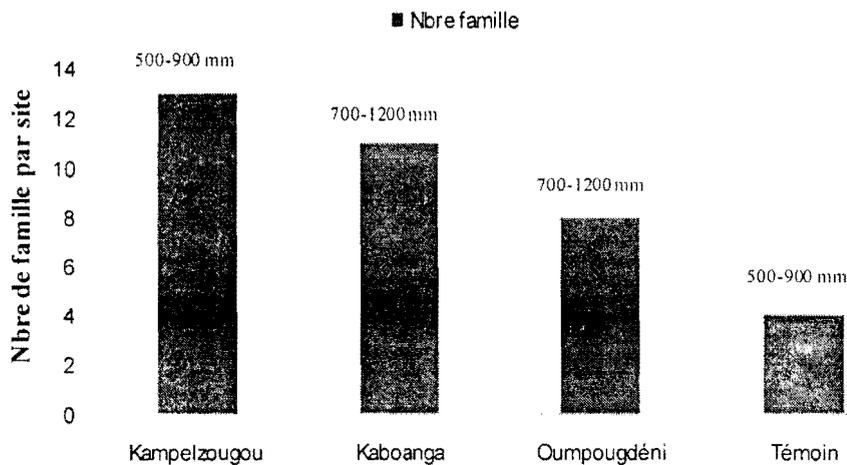


Figure 13b : Variation du nombre de famille selon le gradient climatique

Figure 13 : Variation du nombre d'individu et du nombre de famille selon le gradient climatique

3.3.1.3. Répartition taxonomique et diversité de la macrofaune

Le **Tableau 6** montre que la classe des insectes est majoritaire (62,02% de la population). Les ingénieurs du sol sont aussi mieux représentés avec les Fourmis (50,23%), les vers de terre (1,77%) et les termites (10,10%). De plus, ils sont aussi présents sur les trois sites. La macrofaune du sol représentée par les termites, les vers de terre et les fourmis, participent indirectement à l'incorporation de la matière organique, et à l'amélioration de la porosité, de l'aération, du régime hydrique et de la stabilité structurelle (Aina, 1984; Lavelle, 1997). En effet, ces espèces produisent les structures physiques (biogéniques) par lesquelles ils peuvent modifier la disponibilité ou l'accessibilité d'une ressource pour d'autres organismes (Jones et *al.*, 1994). Mais, les conditions du milieu exercent une influence sur leur abondance, leur diversité et leur répartition. D'autres espèces exercent aussi une influence notable sur leur environnement même si leurs représentativité reste faible dans ce cas présent. Il s'agit des Scarabaeidae (Bousiers) qui contribuent à la formation du sol par leurs activités de fouissage et d'incorporation de la matière organique dans les horizons supérieurs. De plus, les larves des Scarabaeidae sont fouisseuses et se nourrissent surtout de matériaux végétaux en décomposition. Les espèces phytophages des Tenebrionidae contribuent grandement, là où elles existent à la destruction des débris végétaux. Les excréments de ces larves posséderaient une activité microbienne faiblement muqueuse où l'activité des cellulolytiques demeurerait forte (Bachelier, 1978).

Tableau 6 : Matrice d'abondance des familles répertoriées en fonction des sites

Ordres	Familles	Kaboanga	Oumpougdeni	Kampelzougou	Témoin
Aranea	Araneidae	0	1	1	0
	Divers Aranea	6	1	3	0
Hyménoptères	Formicidae	194	202	110	21
Orthoptères	Gryllidae	1	0	5	0
Haplotaxida	Lumbricidae	10	3	6	1
Hémiptères	Lygaeidae	3	1	0	0
	Pentatomidae	1	0	0	0
	Divers Hémiptère	0	1	0	0
	Coreidae	1	0	0	0
Geophilomorpha	Geophilidae	20	0	3	5
Scutigermorpha	Scutigerae	3	1	1	1
Scorpions	Scorponidae	0	0	1	0
Coléoptères	Staphylinidae	0	0	1	0
	Tenebrionidae	0	0	1	1
	Scarabaeidae	1	0	1	0
Isoptères	Termitidae	24	10	74	3
Acariens	Divers Acariens	0	0	1	0

3.4. Etude du champ test

3.4.1. Effet de la distance aux cordons pierreux sur la macrofaune du sol

L'indice de Shannon dans la première bande de cordons pierreux est le plus élevée, (**Tableau 7**). Cet indice est sensiblement égal dans les deux dernières bandes. Quant au témoin (sans cordons pierreux) l'indice de Shannon est la plus faible. Ces résultats indiquent que l'aménagement en cordons pierreux introduit une hétérogénéité dans la composition taxonomique de la macrofaune dans les différentes bandes et en fonction de la pente.

L'indice d'Equitabilité (**Tableau 7**) plus élevé dans la première bande de cordons pierreux montre que les taxons ont la même abondance. Ce qui n'est pas le cas dans le témoin où un taxon domine largement la population. L'aménagement en cordons pierreux induit donc un re-équilibre des populations macrofauniques.

Ces résultats indiquent aussi que l'indice de Shannon varie en fonction de la pente du milieu. En effet, l'excès d'eau détermine des pièges de tension superficielle et le danger des phénomènes d'endosmose ainsi que le manque possible d'air (Bachelier, 1978). Le degré de sensibilité étant fonction de l'espèce, il va alors s'installer une sélection qui réduira certainement la richesse taxonomique et donc l'indice de Shannon.

Tableau 7: Diversité et Equitabilité de la macrofaune du sol

Emplacement en fonction de la pente	Indice de Shannon-Weaver	Equitabilité
b1	1,76	0,3
b2	1,34	0,22
b3	1,25	0,21
Témoin	0,54	0,09

b1 : bande (position haute) ; b2 : bande 2(position médiane) ; b3 : bande 3(position basse)

3.4.2. Effet de la distance aux cordons pierreux sur les paramètres physiques du sol (fractionnement granulométrique)

La **Figure 14** présente la masse des différentes fractions en fonction de chaque bande de pierre. Toutes situations confondues, le bilan en masse varie de 96,44 à 99,9%. Cette légère perte des composés organiques au cours du fractionnement physique des sols a été observée par de nombreux auteurs (Sedogo et *al.*, 1994 ; Nacro, 1997; Manlay et *al.*, 2002). Elle est pour l'essentiel le résultat de l'exportation des composés hydrosolubles au cours des tamisages successifs sous eau.

L'examen de la **Figure 14** montre tout d'abord que la fraction fine ($F < 50\mu\text{m}$) est la plus élevée dans tous les traitements (b1, b2, b3 et Témoin). La séparation des moyennes d'après le test de Newman-Keuls révèle des différences significatives ($p < 0,05$) au seuil de 5% au niveau seulement de la fraction ($F 50\mu\text{m}$).

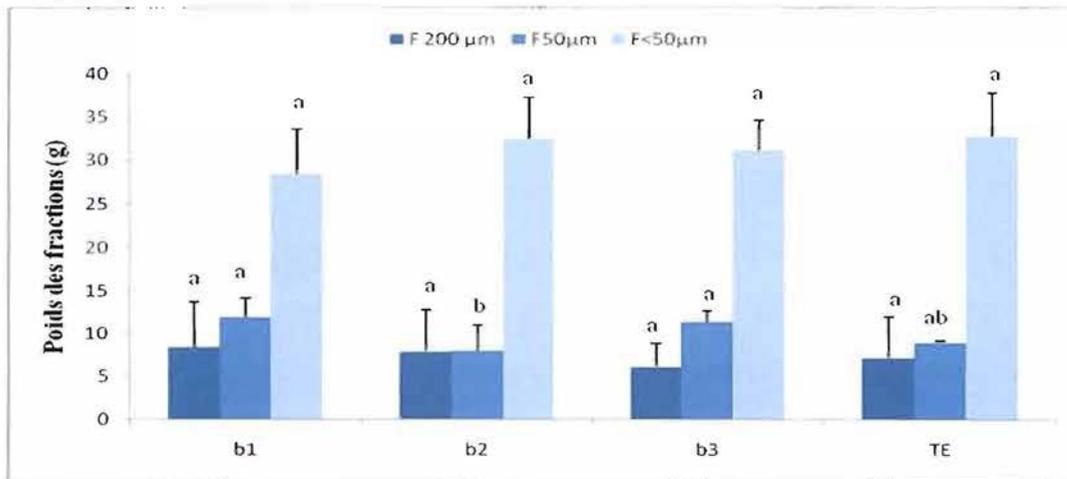


Figure 14 : Fractionnement granulométrique de la matière organique

Les groupes d'histogrammes du même traitement affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité de 5% d'après le test de Newman-Keuls. F : Fraction ; b1 : bande 1 ; b2 : bande 2 ; b3 : bande 3

3.4.3. Comparaison de la teneur en éléments fins entre les bandes de cordons pierreux et en fonction de la pente

La **Figure 15** présente les variations de poids d'éléments fins ($F_{50\mu m} + F_{\leq 50\mu m}$). Nous constatons qu'au niveau de la bande 3, la quantité d'éléments fins est la plus élevée. Par conséquent, nous déduisons que les cordons pierreux sont des obstacles qui permettent le ralentissement de la vitesse de ruissellement, d'où une sédimentation des particules fines. Cette sédimentation de particules fines est beaucoup plus observée en bas de pente qu'en haut de pente.

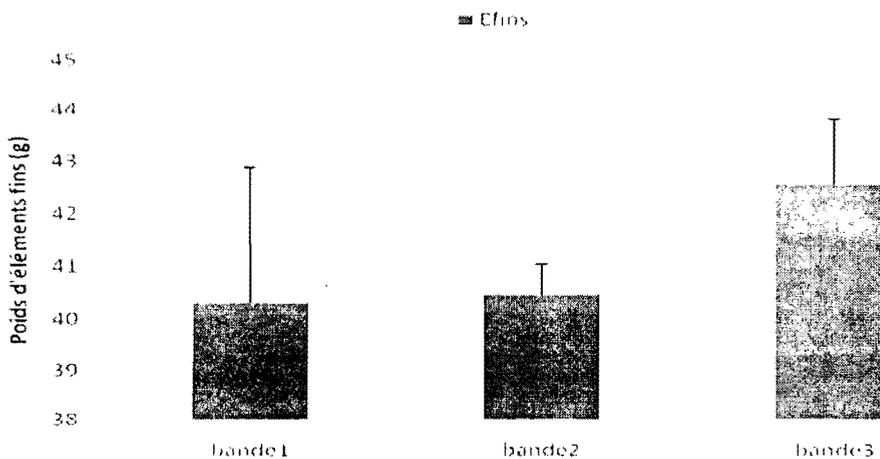


Figure 15 : Poids d'éléments fins en fonction de la pente et des différentes bandes de cordons pierreux

3.4.4. Effet de la distance aux cordons pierreux sur le pH du sol

Le **Tableau 8** présente les variations du pH en fonction des bandes de cordons pierreux. Les variations du pH_{eau} ne sont pas statistiquement significatives. En revanche, pour le pH_{KCl} , l'analyse révèle des différences significatives ($p \leq 0,001$) au seuil de 5% d'après le test de Newman-Keuls. La première bande de cordons pierreux suivant la pente présente les valeurs les plus élevées en pH_{eau} et en pH_{KCl} . Par contre, la dernière bande de cordons pierreux en suivant toujours la pente présente un pH_{eau} plus faible que les autres traitements.

Tableau 8 : Variation du pH entre les bandes de cordons pierreux

Emplacement en fonction de la pente	pH _{Eau}	pH _{KCL}
b1	6,4a	5,02a
b2	6,35a	4,74b
Témoin	6,27a	4,56b
b3	6,23a	4,68b
Pr>F	0,467	0,001
Signif.	NS	S

*Les groupes d'histogrammes du même traitement affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité de 5% d'après le test de Newman-Keuls. NS : Non significatif ; S : significatif
b1 : bande ; b2 : bande 2 ; b3 : bande 3.*

3.4.5. Effet de la distance aux cordons pierreux sur le potentiel respiratoire du sol

La **Figure 16** présente l'évolution des quantités cumulées de CO₂ dégagé dans les sols en fonction des différentes bandes de cordons pierreux et suivant la pente.

D'une façon générale, les courbes ont une allure exponentielle quelque soit la situation (bande 1, bande 2, bande 3, Témoin) et présente deux phases caractéristiques :

- La première correspond à une phase ascendante à forte pente. ce phénomène se traduit par un pic de minéralisation dès le premier jour dont l'importance varie pour chaque bande. Cette phase correspond à la reprise de l'activité biologique du sol et à la dégradation des produits facilement biodégradables tels que les cadavres de microorganismes (Nacro, 1997; Zombré, 2005).
- La seconde phase est toujours ascendante jusqu'à la fin de l'incubation, mais la rapidité dépend du traitement et du sol. Cette phase est marquée par la diminution de l'activité biologique suite à la diminution des substances facilement biodégradables.

L'examen de la **Figure 16** montre aussi que la première bande de cordons pierreux possède le pic le plus élevé. Cela correspond à une forte respiration des microorganismes d'où une forte activité de ces derniers au niveau de cette bande. En revanche la dernière bande de cordons pierreux, celle se situant beaucoup plus en bas de pente, ne montre pas une forte activité biologique. Cette bande possède le pic le plus faible. L'importance de la respiration au niveau de

la première bande (b1) s'explique par la diversité faunique (1,76 pour l'indice de Shannon) qui y règne, améliorant la qualité des substrats organiques disponibles pour les microorganismes. Elle pourrait aussi s'expliquer par la meilleure aération du sol à ce niveau, et qui pourrait être à l'origine d'une plus forte biomasse microbienne.

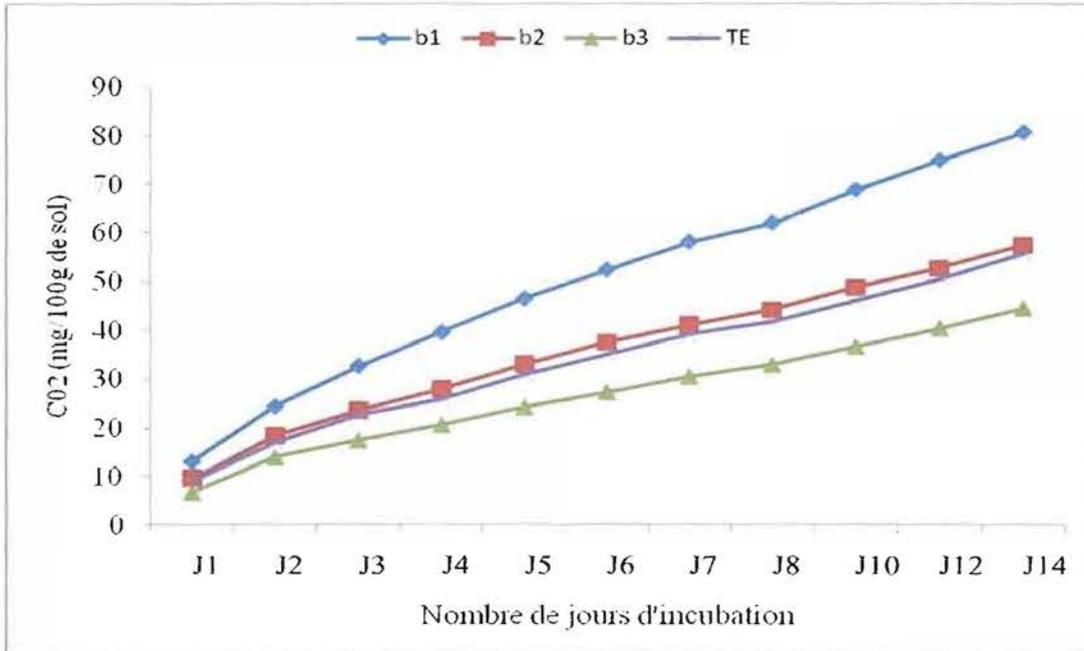


Figure 16 : Evolution cumulée de CO₂ des sols en fonction de la distance aux cordons pierreux

3.5. DISCUSSION GENERALE

- Impact de la mise en défens sur les paramètres du sol

Nos résultats comparés à ceux de 2007 (SILEM, 2007) montrent une augmentation de la teneur en carbone total. En effet, les sites de Oumpougdeni et Kampelzougou enregistrent respectivement des teneurs en carbone total de 10,1g/Kg sol et 12,23 g/Kg sol en 2008. Par contre, en 2006 les teneurs en carbone total de ces mêmes sites étaient de 8,69 g-C/Kg à 9,79g/Kg soit une variation de 1,41 à 2,54 g-C/Kg sol. Plus au Nord, au niveau des sites de Filifili et de Sê, les teneurs en carbone total variaient respectivement de 2,87g-C/Kg à 3,43g-C/Kg alors que nos résultats de cette année donnent 7,6g-C/Kg pour le premier site (Filifili) et 5,5g-C/Kg pour le second site (Sê). Par conséquent, ces résultats mettent en exergue l'effet positif et progressif de la mise en défens sur les versants. Cette amélioration s'expliquerait par la recolonisation du milieu par le couvert végétal; due à la régénération spontanée de l'écosystème. La végétation joue en effet un rôle fondamental dans la structure du sol dont elle constitue une expression du potentiel biologique. Des résultats concordants ont été obtenus. Ainsi, les travaux de (Diatta et al., 2000) ont montré que l'influence de la mise en défens s'est traduite par une bonne régénération du couvert végétal dont l'effet protecteur s'exerce à deux niveaux (canopée et litière), et aussi par une amélioration de la structure du sol du fait du développement de l'activité biologique. Les termites et les vers de terre attirés par la litière, retournent le sol et augmentent sa macroporosité. Une telle ambiance biologique contribue à améliorer les paramètres physico-chimiques du sol.

Par ailleurs, les différences observées au niveau des paramètres physiques et chimiques du sol au niveau des bassins versants pourraient s'expliquer par la variabilité des conditions climatiques. Les MBV se situant au Nord du pays (Damba, Filifili, Sê) n'ont pas les mêmes capacités de régénération spontanée et d'amélioration des paramètres édaphiques du sol que les MBV se situant soit à l'Est (Kaboanga et Oumpougdeni) ou au Centre Est (Kampelzougou et Nabnonzougou) et au Centre Nord (Koutoumtenga et Nakambé). Cette hypothèse est soutenue par les travaux de (Grouzis, 1987) et Daget et Godron (1995), qui concluent que la durée de la mise en défens utile pour la régénération peut varier, selon les conditions climatiques. En outre, l'importance du cours d'eau des versants qui se traduit par des variabilités dans l'étendue et l'importance des crues pourrait influencer les paramètres édaphiques du sol.

- Impact de l'aménagement en cordons pierreux

Plusieurs familles de macrofaune ont été recensées dans l'aménagement en cordons pierreux. L'analyse de cette faune montre que les populations de termites, de fourmis et de vers de terre y sont mieux représentées par rapport aux autres populations.

La présence des différentes familles serait due à l'amélioration de l'humidité du sol et à l'augmentation de la quantité d'éléments fins.

Aussi, suivant l'évolution de la macrofaune en fonction des différentes bandes et en fonction de la pente, l'indice de Shannon indique une diversité plus élevée dans la première bande (haut de pente) qu'en bas de pente (dernière bande, b3). Logiquement, on attendait plutôt un indice plus élevé en bas de pente. Aussi, le nombre d'individu de la faune est plus élevé en bas de pente qu'en haut de pente. Par contre, la population est plus diversifiée en haut de pente qu'en bas de pente. Cette diversification aurait un impact sur l'activité biologique (potentiel respiratoire). En effet, la faune du sol (Arthropodes, vers de terre, nématodes, termites) participent à la dégradation des résidus végétaux. De ce fait, elles jouent notamment un rôle de fragmentation des résidus organiques qui augmentent la surface des résidus exposée à la dégradation microbienne.

CONCLUSION

La forte pression agricole a entraîné la mise en culture des zones marginales réservées essentiellement aux usages sylvo-pastoraux. Ces pratiques culturales extensives ont eu pour conséquence la dégradation rapide de l'écosystème. Pour stopper les processus de dégradation, voire inverser la tendance, la mise en défens a été testée. Il s'agit à travers cette protection intégrale de favoriser la régénération et le développement de la végétation spontanée pour assurer une protection des sols.

L'effet de cette mise en défens sur les paramètres du sol, a été analysé au bout de quelques années (3 ans). Il ressort notamment de cette étude, que le recours à la mise en défens permet d'améliorer les paramètres physico-chimiques et biologiques du sol (augmentation du pourcentage d'éléments fins et la teneur en carbone total du sol).

Ces impacts positifs de la mise en défens sont dus à la régénération spontanée causée par l'arrêt de l'effet anthropique sur ces versants. Il apparaît dans cette étude, que les conditions édaphiques ne sont pas les seuls facteurs pouvant expliquer la réhabilitation des sols dans les différents versants. La variabilité climatique engendrant des variations de pluviosité d'un site à l'autre, peut aussi expliquer les différences observées. Ainsi, plus les conditions climatiques sont favorables, moins la récupération est longue.

Les résultats font également ressortir que la variabilité climatique pourrait expliquer la variation de certaines variables pédologiques (sables, argile, carbone totale, bases échangeables, capacité d'échange cationique, etc.)

Par ailleurs, la mise en défens étant seulement utilisée dans les situations où la dégradation n'a pas atteint le seuil d'irréversibilité, l'on a recours à une autre technique qui est celle de l'aménagement en cordons pierreux qui a montré ses preuves lors de notre étude. Ainsi, notre étude a permis de confirmer qu'en contrôlant le ruissellement des eaux de surface, les cordons pierreux permettaient aussi d'accumuler les éléments fins entre les bandes de cordons pierreux. Bien plus, une colonisation des espaces par la macrofaune est aussi notée ; la diversité de cette faune (Indice de Shannon) est beaucoup plus forte en haut de pente qu'en bas de pente.

Nous retenons de cette étude que la mise en défens et l'aménagement en cordons pierreux sont des techniques écologiques qui améliorent la structure du sol, la dynamique des éléments minéraux par la stimulation de l'activité biologique. Toutefois, il est à noter que les

problèmes liés à la dégradation des sols et de l'environnement renvoient toujours à la manière dont une société conçoit son environnement et l'exploite. De ce fait la solution à ces problèmes n'est jamais limitée à leur composante technique. Par conséquent, une question reste suspendue : comment dans un contexte de forte pression foncière et de changements climatiques les paysans vont-ils accepter de renoncer à surexploiter ces zones sensibles relevant du domaine communautaire ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aciego Pietri, J.C. and Brookes P.C., 2008.** Relationships between soil pH and microbial properties in a UK arable soil. *Soil Biol. Biochem.*, (40): 1856-1861.
- Adda L., 1999.** Etat de la désertification et des ressources naturelles au Burkina Faso. Rapport d'étude. Ouagadougou: Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 190 p.
- Afnor., 1981.** Détermination du pH. (Association française de normalization) NF ISO 103 90. In : AFNOR *Qualité des sols*, Paris, pp 339-348.
- Aïna P.O., 1984.** Contribution of earthworms to porosity and water infiltration in a tropical soil under forest and long-term cultivation. *Pedobiologia* 26: 131-136.
- Albergel J. Lamachère J.M., Lidon B., Mokadem A.I. et Driel W.V., 1993.** Mise en valeur agricole des bas-fonds du sahel: typologie fonctionnement hydrologique potentialités agricoles. Rapport final d'un projet CORAF, R3S, Ouagadougou, Burkina Faso. CIEH, 302 p.
- Ambouta J. M, Moussa, I.B. et Ousmane, S.D., 1999.** Réhabilitation de jachère dégradée par les techniques de paillage et de zaï au sahel. In. Floret C. et Pontanier R. : la jachère en Afrique tropicale : rôles Aménagement alternatives. Paris, pp. 751-759.
- Anderson J.M et Ingram J.S., 1989.** Tropical soil biology. Handbook of methods.CAB International, Suxes, 117p.
- Ayuk E.T., 1997.** Adoption of agroforestry technology: the case of live hedges in the central plateau of Burkina Faso. *Agricultural Systems*; vol.54, n°2, pp 189-206.
- Bachelier G., 1971.** La vie animale dans les sols. I. Déterminisme de la faune des sols. II. Action de la faune dans l'évolution des sols considérés en tant qu'équilibres naturels. In « *la vie dans les sols* » Gauthier Villards éd. (Paris), 1-43 et 45-82.
- Bachelier G., 1973.** Activité biologique et techniques simples qui permettent l'évaluation. Cah .ORSTOM, série 77.
- Bachelier G., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. Initiation Documentations Techniques n°38. ORSTOM, Paris, 391p.
- Baren F. Van A. et Kiel H., 1960.** Contribution to the clay-mineralogy of tropical soils. 7 e congr., Int. Sci Soil, Madison, 33p.

- Baumer M., 1987.** Agroforesterie et désertification, Wageningen : Centre technique agricole (CTA), 210p.
- Bayala J., Mando A., Teklehaimandot Z., Ouédraogo S.J, 2004.** Nutrient release from decomposition leaf mulches of karité (*Vitellaria paradoxa*) and Néré (*Parkia biglobosa*) under semi-arid condition in Burkina Faso. West Africa. Soil Biology and Biochemistry n° 34; pp: 533-539.
- Bland R.G et Jacques H.E., 1987.** How to know the insects. The pictured key Nature serie K.W.C. Brown Company publishers. Dubuque, Iowa (third edition), USA. 409p.
- Boiffin J., Sebillotte M., 1982.** Fertilité, potentialité, aptitudes culturales ? Signification actuelle pour l'agronomie. In Fertilité Milieu et Agriculture, n° spécial Bull. Tech. Inf., n° 370-372, 345-353.
- Borell T., 2000.** Etude de la dégradation du couvert végétal dans le sous bassin de Tougo, bassin supérieur de Nakambé, Centre Nord du Burkina. Rapport de stage, ETSHER
- Breman H., Kessler J.J, 1995.** Woody plants in agro-systems of semi-arid regions. (With an emphasis on the sahelian countries). Advanced series in Agricultural Sciences, vol. 23, Springer –Verlag; Berlin; 340p.
- Brondex P.A., 1995.** Dynamique de la matière organique des sols dans les jachères herbeuses et arbustives en région soudanienne (Bondonkuy, Burkina Faso) rapport de stage de maîtrise, Université de Paris VI, 21 p.
- Brown G., Pasini A., Benito N.P, d'Aquino et Correia M., 2002.** Diversity and functional role of soil macrofauna communities, In: *Brazilian no-tillage agroecosystems: A preliminary analysis*. Paper based on an oral presentation at the "international symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems" montreal, Canada, 8-10 Novembre 2001.
- Casenave A. et Valentin C., 1989.** Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. Collection didactique, ORSTOM, Paris, France, 230p.
- Chaussod R., 1996.** La qualité biologique des sols : évaluation et implication. Etude et gestion des sols. Numéro Spécial 3 : 261-279.
- Chotte J.L. Duponnois R., Cadet P. Adiko C. Villenave C. Agboba A. Brauman A. 2000.** Jachère et biologie du sol en Afrique tropicale. In : la jachère en Afrique tropicale. De la

jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances (eds C. Floret et R. Pontanier), pp. 95-121. John Libbey Eurotext, Paris.

- CIRAD, CNEARC., 1998.** Reconnaissance des hyménoptères parasitoïdes d'importance économique, clé Iconographique pour l'identification des genres. Cotonou, Bénin. 321p.
- Cudennec C., Sinaré Y., Daurensan N., 2000.** Interrelations entre agriculture et hydrologie en zone de bas-fond. Exemple du bassin versant de Kangura, Burkina Faso .In Relations terre-eau dans les bassins versants ruraux , Atelier électronique, 18 Septembre-27 Octobre 2000, 4p.
- Daget P., Godron M., 1995.** Pastoralisme, troupeaux, espaces et sociétés. Paris: Hatier/ Aupelf, 512p.
- Delaite et Pastor., 1997.** Manuel des techniques de conservation des eaux et des sols (CES) au sahel. Edition PRECONS. Programme régional de reboisement et de conservation des sols au sahel. 345p.
- Delvare, G. et Aberlenc H., 1999.** Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Glacs pour la recommandation des familles. Imprimerie caballery-58500 Clamecy, France.302P
- Delville, L., 1998.** Logiques paysannes d'exploitation des bas-fonds en Afrique Soudano-Sahélienne In. Ahmad N. et Teme B. eds. Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali, bilan et perspectives nationales, intérêt pour la zone de savane Ouest-africaine, CIRAD, pp.77- 93.
- Diatta M., Albergel J., Perez P., Faye E., Sene M., et Grouzis M., 2000.** Efficacité de la mise en défens testée dans l'aménagement d'un petit bassin versant de Thyse Kaymor (Sénégal). ORSTOM, Paris, France, 15p.
- Diem H.G., Gueye I., Gianinazzi-Pearson V., Fortin J.A. et Dommergues Y.R., 1981.** Ecology of VA mycorrhizae in the tropics the semi-arid zone of Senegal. Acta Oecological/Oecologia Plantarum 16: 53-62.
- Doamba W.S.M.F., 2007.** Effet du zaï forestier sur l'évolution des paramètres physiques, chimiques et biologique du sol. Mémoire d'Ingénieur IDR/UPB, 111p
- Dommergues Y., 1960.** La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. Agron. Trop. 15, p. 54 60.
- Duchaufour Ph., 1970.** Précis de pédologie. 3^{ème} édition, Masson (ed), Paris, 481p.

- Dugué P., Rodriguez L., Ouoba B., Sawadogo I., 1994.** Techniques d'amélioration de la production agricole en zone soudano-sahélienne ; manuel à l'usage des techniciens du développement rural, élaboré au Yatenga Burkina Faso. CIRAD-SAR, 209p:
- Dugué P., Rodriguez L., Ouoba B., Sawadogo I., 1994.** Techniques d'amélioration de la production agricole en zone soudano-sahélienne ; manuel à l'usage des techniciens du développement rural, élaboré au Yatenga Burkina Faso. CIRAD-SAR, 209p:
- Dugué P., Roose E., Rodriguez I., 1993.** L'aménagement de terroirs villageois et l'amélioration de la production agricole au Yatenga (Burkina Faso) : Une expérience de recherche-développement. Cah. Orstom, sér. Pédol., vol. 28, n° 2, 1993 :385-402.
- Feller C. et Beare M.H., 1994.** Physical control of soil organic matter dynamics communication faite à « l'atelier TSBF » 6-12 février 1994, Nairobi, Kenya.
- Feller C., 1979.** Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols ; application aux sols tropicaux, à textures grossières, très pauvres en humus. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol.17, n°4, 1979: 339-346
- Feller C., Fritsch E., Poss R.,Valentin C., 1991.** Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferralitiques (Afrique de l'Ouest en particulier) Cah. ORSTOM, Ser. Peol.. 26 : 25-36.
- Floret Ch., Pontanier R., et Serpentier G., 1993.** La jachère en Afrique tropicale. Dossier MAB 16.UNESCO, Paris, 86p.
- Fontes J. et Guinko S., 1995.** Carte de la végétation et l'occupation du sol du Burkina Faso. Ministère de la coopération française. Projet Campus, 66 p.
- Francis M., 2007.** La région de Kaya: dossier réalisé par l'association NTec (Niebé, Terres et Cultures). <http://ntec.free.fr/spip.php?article11>, date d'accès 28/03/2009.
- Gianinazzi-Pearson V. et Gianinazzi S. 1986.** The physiology of improved phosphate nutrition in mycorrhizal plants. Dans: les mycorhizes, physiologie et génétique. INERA, Ed., Paris, pp.101-109.
- Gobat, J.M., Aragno M. and Mathey W., 1998.** Le sol vivant: bases de pédologie et de biologie des sols. Coll. Gerer L'Environnement. Presses Polytechniques et Universitaires romandes. Lausanne, 523p

- Grouzis M. 1987.** Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Thèse d'Etat, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 335p.
- Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute - Volta. Thèse de Doctorat ès Science Naturelles, Univ. Bordeaux III, 2 vol., 394 p.
- Handley L.L., Daft M.J., Wilson J., Scrimgeour C.M, Ingleby K. et Sattar M.A.,1993.** Effects of the ecto-and VA- mycorrhizal fungi *hadnagium carneum* and *Glomus clarum* on the d15N and d13C values of Eucalyptus globules and Ricinus communis, Plant, cell and Environment, 16: 375-382.
- Hien F.G., 1995.** La régénération de l'espace sylvo-pastoral au sahel : une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso. Thèse de l'université Agronomique Wageningen, 219p.
- Hien V., Sedogo M.F, Lompo F., 1991.** Etude des effets des jachères de courtes durées sur la production et l'évolution des sols dans les systèmes de culture du Burkina Faso. In. La jachère en Afrique de l'ouest, pp 221-232.
- Hillebrand, W.F., Lundell,G.E.F, Bright, H.A and Hoffman, J.I., 1953.** Applied inorganic analysis, 2 nd ed. John Wiled and Sons, Inc.,New York, USA,1034p.
- Hoogmoed W.B., et Stroosnijder L., 1984.** Crust formation and sandy soil in the sahel. II: Tillage and its effects on a water balance. *Soil Tillage Ressource*, 4:321-337
- Jones C.G., lawton J.H. et Shachak M., 1994.** Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69 (3): 373-86
- Kaboré T.W., 2005.** Usage des fumures organiques dans les systèmes de culture et viabilité des agro-systèmes en zone Soudano-sahélienne : cas du zaï à Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso). Thèse de master spécialisé « développement agricole tropicale » Centre nationale d'étude agronomique de régions chaudes, IRD, 103p.
- Kabore V., 1995.** Amélioration de la production végétale des sols dégradés par la technique des poquets (zaï). Thèse Doctorat des Sciences /Ecole Polytechnique de Lausanne, 229p.
- Kambou, F.N., Zougmore R., 1995.** Evolution des états de surface d'un zipellé soumis à différentes techniques de restauration des sols? Yilou, Burkina Faso, 12^{ème} journées du Réseau Erosion, Paris 14p.

- Kanziemo L., 1999.** Etude de la dégradation du couvert végétal dans le bassin versant de Bourzanga. Mémoire de fin d'étude. EIER, 64p.
- Kiema A., 2007.** Effets des techniques de restauration et d'exploitation des pâturages naturels sahéliens sur la dynamique de la production fourragère. Thèse de Doctorat IDR/UPB, 179p.
- Konaté S., Le Roux X. Verdier B., Lepage M., 2003.** Effect of underground fungus growing termites on carbon dioxide emission on the pointand landscapescales in an African savanna. *Functional Ecology*. 17: 305-314.
- Kothari S.K., Marschner H., et Römheld V., 1990.** Direct and indirect effects of VA mycorrhizal fungi and rhizosphère microorganisms on acquisition of mineral nutrients by maize (*Zea mays* L.) In. a calcareous soil. *New Phytologist*, 116: 637-645
- Koutou M., 2006.** Déterminants de l'adoption du zai forestier et perspectives de valorisation de la technologie au Yatenga (Burkina Faso). Mémoire d'ingénieur du développement rural IDR/UPB, 77 pages.
- Laguemvaré T.A., 2003.** Reconstitution des sols dégradés et de la diversité biologique : « étude de la succession végétale et de l'action des termites dans un système Zaï forestier (province du Yatenga, Burkina Faso). Mémoire de fin d'études IDR/UPB, 79p
- Lavelle P., 1997.** Faunal activity and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.*, 27: 93-132.
- Lavelle P., Villenave C., Roland C. Derouard L., 2000.** Dynamique des peuplements de macro-invertébrés du sol aux diverses étapes de la jachère en Afrique Tropicale. Rôles, Aménagements alternatives (eds C. Floret et R. Pontanier) pp.236-241. John Lbbey Eurotext, Paris.
- Mando A. Stroosnijder L., 1999.** The biological and physical role of much in the rehabilitation of crusted soil in the Sahel. *Land use and management* 15: 123-130.
- Mando A., Zougmore R., Zombré N.P. et Hien V., 2000.** Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique subsaharienne. In : Floret et Pontanier (éd., 2001), volume 2, pp.201-239.
- Mando A., Zougmore R., Zombré P., Hien V., 2001.** Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique subsaharienne. In : La jachère en Afrique Tropicale Vol 2, pp 311-339.

- Manlay R.I., Masse D., Chotte J.L. Feller C. Kairé M., Fardoux J., Pontanier R., 2002.** Carbon, nitrogen and phosphorus allocation in agrosystems of a west african savanna-II. The soil component under semi-permanent cultivation. *Agric. Ecosyst. Env* 88:233-248.
- Marchal J.Y., 1983.** Yatenga, nord Haute-Volta : la dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. Ed. ORSTOM, 908p.
- Masse D., 2007.** Changements d'usage des terres dans les agro-systèmes d'Afrique subsaharienne. Propriétés des sols et dynamique des matières organiques. Mémoires de Docteur-Ingénieur, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse. 82p.
- Mitja D. et Puig H., 1993.** Essartage, culture itinérante et reconstitution de la végétation dans les jachères en savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotou, Touba) In. Floret (Ch.) et Serpentié (G.) eds, La jachère en Afrique de l'Ouest. ORSTOM, colloques et Séminaires, Paris, 377-392.
- Nacro (H. B.), 1997.** Hétérogénéité de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire), caractérisation chimique et étude in vitro, des activités microbiennes de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de Doctorat Spécialité Ecologie Générale. Univ. Pierre et Marie Curie. 302 p.
- Ndiaye J. A. S. 1997.** Modélisation pluie-débit des apports de bassins versants du Sud-Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin d'études Ecole Inter-Etat d'ingénieurs de l'Équipement Rural de Ouagadougou (EIER). 98p
- Olivier R., Depommier D., Janodet E., 1992.** Influence de *Faidherbia albida* sur le sol et le sorgho. Observations dans le parc de Watinoma au Burkina Faso. In Les parcs à *Faidherbia*. Cahiers Scientifiques n°12; Coraf ; ORSTOM ; CIRAD, pp.141-152.
- Ouattara B., Serpentié G., Ouattara K., Hien V., Bilgo A., 2000.** Etats structuraux des sols de culture et des jachères en zone cotonnière du Burkina Faso. In la jachère en Afrique tropicale-Ch. Floret, R. Pontanier, John Libbey Eurotext, Paris, pp.170-178
- Ouattara S., 1993.** Population et développement dans la province du Sanmatenga. Rapport de monographie sur la province du Sanmatenga. Ouagadougou, Burkina Faso.72p
- Ouédraogo M. et Kaboré V., 1996.** Le zaï, technique traditionnelle de réhabilitation des terres dégradées au Yatenga (Burkina Faso). In : Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique. Karthala, Paris, pp. 119-126.

- Ouédraogo S., 2005.** Intensification de l'Agriculture dans le Plateau central du Burkina Faso : Une analyse des possibilités à partir des nouvelles et technologie. Thèse de Doctorat Univ. Rykouniversiteit Groningen 336p.
- Ouédraogo S., 2005.** Intensification de l'Agriculture dans le Plateau central du Burkina Faso : Une analyse des possibilités à partir des nouvelles et technologie. Thèse de Doctorat Univ. Rykouniversiteit Groningen 336p.
- Pallier G., 1981.** Géographie générale de la Haute- Volta. 2^{ème} édition, 232p.
- Pichot J.P.1995.** Exposé introductif: la fertilité des milieux tropicaux humides. In. Pichot J., Sibelet N., Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides. Actes du Séminaire, 13-17 Novembre 1995, Montpellier, France, 13-15.
- Pieri C., 1989.** Fertilité des terres de savanes .Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Dahara. Ministère de la coopération.444p.
- Plan de Gestion Intégrée des Ecosystèmes du Micro Bassin Versant du Béli (Province du Soum).**, 2006. Rapport d'activité, 98p.
- Plan de Gestion Intégrée des Ecosystèmes du micro bassin versant du lac de barrage de la Komienga.**, 2006. Rapport d'activité, 151p.
- Plan de Gestion Intégrée des Ecosystèmes du Micro Bassin Versant Koulouoko dans le Kouritenga.**, 2005. Rapport d'activité 47p.
- Programme d'Investissement communautaire en Fertilité Agricole (PICOFA).**, 2006. Stratégies de gestion de la fertilité des sols et des ressources naturelles dans la région de l'Est du Burkina Faso, Rapport provisoire, 132p.
- Programme National de gestion des terroirs, phase2.**, 2006. Cadre politique de réinstallation., 59p.
- Projet 083.**, 2003. Recherche sur les technologies de lutte contre l Désertification au sahel et étude de leurs impacts agro-écologiques et socio-économie. 2003. Rapport d'activité. 78p
- Rochette R.M. 1989.** Le sahel en lutte contre la désertification, leçons d'expériences, comité inter-état de lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS) et Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Verlage Joseph Margraf. République fédérale d'Allemagne. 592p.
- Roose E., 1981.** Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts technologiques et sociologiques des

matières sous végétations naturelles ou cultivées. Travaux et documents de l'ORTOM, n° 130, 569p.

- Roose E., 1989.** Gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols dans les paysages soudano-sahéliens de l'Afrique de l'Occidentale ORSTOM N°27 pp 55-72.
- Roose E., Dugué P. et Rodriguez L., 1993.** L'aménagement des terroirs villageois et l'amélioration de la production agricole au Yatenga (Burkina Faso). Une expérience de recherche-développement. Cahiers ORSTOM, Série Pédologique, 27 (2) : 385- 402.
- Roose E., Kaboré V. et Guenat C., 1999.** Le zaï : fonctionnement, limites et amélioration d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano- sahéenne (Burkina Faso) Laboratoire d'étude du comportement des sols cultivés (LCSC) et centre ORSTOM, Montpellier, France ; Laboratoire des sols (IATE), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Suisse. pp : 159-179.
- Saidani S. 1995.** L'évaluation de l'impact des termites du genre *Cubitermes* sur la conservation du stock organique de parcelles cultivées de la vallée du Niari (République du Congo) DESS. Université Paris XII Val De marne. 63p.
- Sangaré S.A., 2002.** Evaluation des performances agro écologiques des techniques de lutte contre la désertification dans les provinces du Passoré et du Yatenga : cas du Zaï, de la demi-lune et du tapis herbacé. Mémoire de fin d'études IDR, 83 pages.
- Sangaré S.A., 2007.** La mycorhization contrôlée d'une essence forestière exotique : conséquences sur la diversité fonctionnelle de la microflore endémique d'un lixisol ferrugineux du Burkina Faso. Mémoire de DEA /Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 76p.
- Sedogo P.M., Lompo F., Ouattara B., 1994.** Le carbone et l'azote dans les fractions granulométriques d'un sol ferrugineux tropical: effet de quatre types d'amendements organiques. Sciences et techniques. Sér. Sci. Nat. 21 (1 : 114-124).
- Sedogo, P.M., 1993.** Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doctorat. Université de Cocody Côte d'Ivoire 285p.
- Somé M.B., 2003.** Analyse comparée des approches et performances des projets et programmes de lutte contre la désertification : cas du programme spécial CES /AGF, de la FNGN; du

- PAE et du Projet Forêt et sécurité alimentaire (FSH), Mémoire de Maîtrise. Université de Ouagadougou UFR/SH. (Département Géographique), 57p.
- Somé N.A., 1996.** Les systèmes écologiques post-cultureaux de la zone soudanienne (Burkina Faso). Structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques. Thèse de Doct. Univ. Pierre et Marie Curie, 212p.
- Soule M., 1999.** Perception par la population locale de l'état de dégradation du couvert végétal. Mémoire de fin d'étude, EIER, 61 p.
- SRAT, 2003.** Schéma Régional d'Aménagement du Territoire du Sahel, 1998 – 2025. Rapport final, Direction régional de l'économie et du développement du Sahel (DRED – Sahel). Burkina Faso : Ministère de l'environnement et du cadre de vie / Conseil national de l'environnement et du développement durable/Programme Sahel Burkinabè/ (BF/MECV/CNEDDPSB); 294 p.
- Suivi d'impact du projet pilote de gestion intégrée des écosystèmes du Sahel (SILEM), 2007.** Rapport d'activité, 56p.
- Tankoano H., 2007.** Biodiversité des arthropodes du sol dans la province du Sanmatenga au Burkina Faso. Mémoire de DEA, IDR/UPB, 53p.
- Thiombiano L., 2000.** Etude de l'importance des facteurs édaphiques et pédopaysagiques dans le développement de la désertification en zone sahélienne du Burkina Faso. Thèse d'Etat, volume 1, 209p.
- Tiessen H., Moir I.O. 1993b.** Total and organic carbon. In: M.R. Carter (ed.) soil sampling and methods of analysis Canadian society of soil Science, Lewis pp 187-199.
- Tinker P.B. 1984.** The role of microorganisms in mediating and facilitating the uptake of plant nutrients from soil. *Plant soil* 76: 77-91.
- Toutain, B. et Piot, J., 1980.** Mise en défens et possibilités de régénération des ressources fourragères sahéliennes. Etudes expérimentales dans le bassin de la mare d'Oursi, (Haute volta). Institut d'Elevage et de Médecine vétérinaire des pays Tropicaux, CTFT, 156p.
- Trouiller A., 2003.** Réhabilitation de la fertilité des sols au Burkina Faso : approche agronomique et environnementale comparative du système « zaï ». Mémoire d'Ingénieur INAPG, 63p.romic acid titration method. *Soil Science* 37 : 29-38.
- Villiers A., 1997.** Hemiptères de Ramées Boubée, Paris, France. 301p.

- Walkley A. and Black I.A., 1934.** An examination method of the detjareff and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38
- Yonkeu S. Maiga A.H., Wethé J, Mampouya M. Maga G.P. 2003.** « Conditions socio-économiques des populations et risques de maladies : le bassin versant du barrage de Yitenga au Burkina Faso » *VertigO*. la revue électronique en sciences de l'environnement Volume 4, numéro 1, mai 2003, 25p.
- Zerbo V., 1994.** Inventaire et cartographie des peuplements naturels d'espèces forestières au Nord du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur/ IDR. 69p.
- Zombré N.P., 2005.** Variation de l'activité biologique dans les Zippélla (sols nus) en zone subsaharienne du Burkina Faso et impact de la technique du zaï (technique des poquets). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (2), 139-148.
- Zombré N.P., Ilboudo J.B, 1999.** Stimulation de la réinstallation de la végétation naturelle dans les jachères dénudées en zone sahélienne du Burkina Faso. Univ.de Ouagadougou. Projet ENRECA, IDR/FLASH document de travail n°10 : 12p.
- Zougmore R. Zida Z., Kambou F., 2005.** La jachère en Afrique de l'Ouest: Alternative. Fiche technique GRN : Récupération agronomique des terres encroutées par la technique du zaï. Fiche technique n°9/2005/CNRST/INERA/GRN-SP/Projet jachère.

ANNEXE 1: Relevés pluviométriques dans les différents sites d'étude

Pluviométrie totale annuelle (Station météorologique de Ouagadougou)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Djibo	-	585	326	-	-	338,5	311,3	327,2	678,6	636	326,4	572,7
kaya	620,4	836,9	556,1	624,3	925,5	695,4	558,2	526,9	709,6	900,8	639,4	504,3
Koupéla	659,6	800,8	774,3	874,1	1118,8	655,7	722	439,5	827,5	849,7	648,6	663,4
Pama	725,4	1139	747,9	616,1	1158	1012,7	921,2	805,6	1267	963,1	1020	887,6

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Djibo	447,5	620,7	-	-	-	675
kaya	-	-	-	-	-	-
Koupéla	737,2	862,8	881	716	722,9	-
Pama	666	1062	707,2	-	737,3	1007,7

ANNEXE 2 : Prélèvement du sol



Photo 1 : Prélèvement et tamisage du sol



Photo 2 : Emballage des échantillons de sol

ANNEXE 3 : Illustration des bassins versants



Photo 3 : Site de Sê à Dijbo



Photo 4 : Site de Oumpougdéni (Kompienga)



Photo 5 : Site du Nakambé (Sanmatenga)

ANNEXE 4 : Illustration : test respirométrique



Photo 6 : Test respirométrique



Soude

Eau

Photo 7 : Différentes composantes de la mesure du potentiel respiratoire