HAL
open science

Évolution de la fertilité des sols sur un front pionnier en région Nord-Soudanienne (Burkina Faso)

Sibiri Jean-Baptiste Taonda

To cite this version:

Sibiri Jean-Baptiste Taonda. Évolution de la fertilité des sols sur un front pionnier en région Nord-Soudanienne (Burkina Faso). Sciences agricoles. Institut National Polytechnique de Lorraine, 1995. Français. NNT : 1995INPL071N . tel-01751231

HAL Id: tel-01751231

https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01751231

Submitted on 29 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

1360286718

[M] 1995 TAONDA - SIBIRI, J.B.

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRONOMIE

ET DES INDUSTRIES ALIMENTAIRES

LABORATOIRE SOLS ET ENVIRONNEMENT

Service Commun de la Documentation
INPL
Nancy-Brabois

THESE

Présentée en vue de l'obtention du titre de

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité: Sciences Agronomiques

par

SIBIRI JEAN-BAPTISTE TAONDA

sujet:

EVOLUTION DE LA FERTILITE DES SOLS SUR UN FRONT PIONNIER EN ZONE NORD-SOUDANIENNE (BURKINA FASO)

Soutenue publiquement le 28 juin 1995,
devant le jury composé de MM.

J.L. MOREL, Professeur à l'ENSAIA/INPL-Nancy	Président
R. BERTRAND, Directeur de Recherche, CIRAD-Montpellier	Rapporteur
J. DICKEY, Associate Professor, Purdue University (USA)	Rapporteur
C. FELLER, Directeur de Recherche, ORSTOM-Montpellier	Examinateur
P.M. SEDOGO, Directeur Général du CNRST (Bukina Faso)	Examinateur

Nous étions trois chercheurs (*Jean-Marc Boffa; Sanon Kalo; et moi-même*) à résider 18 Jours par mois dans le village de Thiougou pendant l'étude.

Une amitié s'est ainsi pétrie dans les dures réalités inhérentes à la recherche en milieu réel qui ne saurait être dissoute par la mort.

Aussi voudrais-je **dédier** cette thèse à mon ami **Kalo** (surnommé à Thiougou "le travailleur silencieux"), qui, après avoir soutenu son mémoire à Montpellier, a été prématurément rappelé à Dieu en décembre 1994.

Puisse cette thèse contribuer à perpétuer sa mémoire !

Remerciements

Avant de présenter les résultats de ce travail, je tiens à remercier les institutions et les nombreuses personnes qui au Burkina Faso, en France et aux USA ont contribué à sa réalisation.

Les autorités burkinabè à travers la Direction de l'INERA et du CNRST ont programmé ma formation doctorale, Je leur exprime toute ma gratitude pour la confiance et la sollicitude.

Monsieur J.L. MOREL, Professeur à l'ENSIA-INPL a accepté mon inscription en thèse. Il est venu au Burkina pour vivre le contexte de l'étude et nous prodiguer de fructueux conseils. A la phase de rédaction, malgré son emploi de temps très chargé, j'ai noté l'effort permanent développé. Je l'ai beaucoup apprécié comme directeur de thèse. Qu'il trouve ici ma profonde gratitude.

Monsieur M.P.SEDOGO, Directeur de recherche, Directeur Général du CNRST, a su en dépit de son emploi de temps très chargé, aménager pour moi des rencontres de discussions qui m'ont été très utiles. De plus il m'a fait l'honneur d'être dans le jury. Je lui exprime ma sincère gratitude.

John DICKEY, professeur de l'université de PURDUE (USA) membre de l'équipe de l'assistance technique dans le projet ARTS s'est beaucoup investi avec moi sur le terrain, nous avons toujours bien collaboré dans toutes les étapes de l'étude. Pour l'amitié partagée, pour tout le concours apporté, pour avoir accepté d'être dans le jury, je lui exprime mes sincères et vifs remerciements.

Monsieur Roger BERTRAND, Directeur de recherche au CIRAD, a été l'Alpha et l'Oméga dans cette thèse: au tout début il a prêté son concours à la phase de formulation du sujet et dans les études pédologiques et à la phase de rédaction il a été un grand artisan. Qu'il sache que j'ai apprécié à sa juste valeur tous les sacrifices que les corrections lui ont valu. Pour l'amitié et tout le travail Je lui dis infiniment merci.

Les nombreuses citations de Monsieur Christian FELLER, Directeur de recherche à l'ORSTOM de Montpellier, dans la présente thèse, prouve que j'ai beaucoup appris de lui à travers ses nombreuses publications sur les sols cultivés. Aussi ai-je toujours souhaité le rencontrer en tant que personne ressource. Il m'a fait un honneur en acceptant de participer au jury. Je lui exprime ma profonde gratitude.

Monsieur Serge GUILLOBEZ du CIRAD est venu contribuer fortement dans la cartographie des sols du terroir de Thiougou, je lui suis très reconnaissant non

seulement pour le travail mais aussi pour la sollicitude, l'amitié lors de mon séjour à Montpellier.

Monsieur Hamidou TRAORE chercheur à l'INERA a beaucoup collaboré avec nous pour tout ce qui est malherbologie. Je lui dis grandement merci pour tout ce qu'il a fait.

Emmanuel COMPAORE chercheur à l'INERA, était thésard dans le même laboratoire "Sols et Environnement". Il fut présent à mes cotés aux difficiles moments de la fin de rédaction et de la mise en forme. Pour son amitié, pour ses encouragements et son concours à tout instant, je lui dis en langue Mooré "Pôor sê dù koang, kô yima tèen ye!"

Jean-marc BOFFA étudiant en PhD à l'université de PURDUE (USA) a été le troisième membre de ce que certains collaborateurs appelaient le "Trio" de Thiougou. Je voudrais lui redire ici mon amitié et mes remerciements pour le travail accompli ensemble et lui souhaite de soutenir sa thèse avec brio le 30 juin prochain.

Je remercie chaleureusement Souleymane OUEDRAOGO chef du progamme recheche sur les systèmes production (RSP) de l'INERA, et, à travers lui, tout le personnel et tous les collègues chercheurs de l'équipe Recherche système de la Zone Centre pour toute la contribution inestimable que chacun a apportée dans la réalisation de ce travail.

Au laboratoire "Sols et Environnement" j'ai bénéficié d'une ambiance d'intégration rapide et de franche collaboration avec le personnel et les autres collègues thésards, étudiants en DEA. Il me plaît de souligner ici cette agréable ambiance. Que chacun trouve ici toute ma reconnaissance.

Quant à ma famille, en toute sincérité les mots me manquent, tant est grand le sacrifice qu'elle a dû subir du fait de mes fréquentes absences dans le cadre de ce travail. A mon épouse Monique et à nos deux filles (Bénédicte et Marina) je dis " Merci" espérant qu'elles comprendront même ce que les mots ne peuvent traduire.

Je ne voudrais pas oublier la longue liste des "techniciens" contractuels qui m'ont aidé pour les enquêtes et le suivi: OUEDRAOGO Alfred (superviseur INERA), BAMBARA Rasmane (agronome), OUEDRAOGO yssouf (agronome), COMPAORE Harouna et COMPAORE Nestorine (tous deux géographes), KARAMBIRI Charles (technicien de l'INERA). Le meilleur remerciement que je leur dois est une valorisation des travaux d'enquête qui n'ont pas pu trouver place dans cette thèse. Qu'ils se rassurent ce n'est que partie remise, nous trouverons d'autres voies pour les valoriser.

Enfin je reste très sensible au dévouement des chauffeurs OUEDRAOGO Matthieu et ZONGO Denis et tiens à leur dire ma reconnaissance.

Resumé

EVOLUTION DE LA FERTILITE DES SOLS SUR UN FRONT PIONNIER EN REGION NORD-SOUDANIENNE (BURKINA FASO).

En région semi-aride, la pression démographique et la dérive climatique entraînent une demande croissante de nouvelles terres pour la production agricole. Or, la mise en culture de terres vierges peut entraîner une dégradation importante des sols. Ce travail a étudié l'évolution de la fertilité de sols tropicaux en région nord-soudanienne sous l'influence des pratiques agricoles locales. La recherche a été conduite sur un front pionnier au sud du Burkina Faso, choisi à partir d'enquêtes et d'observations d'images satellitaires. Sur ce site, a été repérée une chronoséquence de 51 parcelles mises en valeur à des périodes différentes (âgées de 0 à 17 ans), et sélectionnées après des enquêtes sur les pratiques culturales des agriculteurs. La terre de 18 parcelles à été échantillonnée et sa fertilité physique et chimique caractérisée. La productivité de l'ensemble des parcelles a été mesurée à partir de cultures de sorgho. Des mesures de ruissellement et des observations sur les adventices et l'état de surface du sol ont été effectuées. Un essai de lutte anti-érosive a été mené à l'aide d'une technique associant des diguettes et l'application de compost. Les résultats montrent que la mise en culture s'accompagne d'une diminution brutale du taux de matière organique, d'une acidification et de la destruction de la structure du sol. La productivité est d'autant plus faible que l'âge des parcelles est élevé en relation surtout avec la dégradation physique du sol. L'utilisation de diguettes anti-érosives, ralentissant le ruissellement, permet une meilleure infiltration de l'eau dans le profil et les rendements de sorgho sont ramenés à 70% du potentiel de productivité des parcelles dès la première année montrant que la dégradation n'est pas irréversible. Dans ces régions, avec des méthodes adaptées à la technicité des agriculteurs (diguettes, apports de matières organiques, fertilisation minérale), il est possible de maintenir la fertilité du sol dans la perspective d'une agriculture durable.

MOTS CLES:

Sols ferrugineux tropicaux, zone nord-soudanienne, Burkina Faso, culture attelée, matière organique, ruissellement, sorgho ICSV1049, adventices, diguettes anti-érosives.

ABSTRACT

EVOLUTION OF SOIL FERTILITY IN ZONES OF NEW SETTLEMENT IN THE NORTHERN-SUDAN SAVANA (BURKINA FASO).

In the semi-arid tropics, climatic changes and population pressure cause increased demand for new land for agricultural production. However, clearing of virgin bush land may cause substantial degradation of soil productivity. This work was undertaken to study the evolution of soil fertility in the northern-sudan savanas as affected by the local agricultural practice. Reasearch was conducted in an area of new settlement chosen after on-site investigations and satellite images. Famers were asked about their cultural practices, and a chronosequence of plots of increasing ages (0 to 17 years) was identified. Soil samples were collected from 18 of the plots and analysed for their physical and chemical properties. Production of sorghum was measured and weed development, soil structure and surface water run-off were monitored on the plots. An anti-erosion experiment was conducted to study the effects of rock bunds, including their effect on water retention and crop yields. Levels of soil organic matter, pH, and the physical condition of the soil all declined suddenly and significantly after land clearing and planting of arable crops. The rock bunds decreased run-off significantly, and soil productivity returned to 70% of the best yielding plots, showing that degradation is not an irreversible phenomenon. In these regions, practices, adapted to farmers known practices (contour bunds, organic and mineral fertilizers) must allow the maintenance of fertility and the promotion of a sustainable agricultural production system.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

PARTIE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

A. Généralités sur la dégradation des terres dans le monde 1

B. Evolution des facteurs de fertilité en Afrique Intertropicale 2

1. Le constat sur l'évolution de la fertilité 2

1.1. Systèmes de culture traditionnels 2

1.2. Systèmes de culture manuels intensifs 4

1.3. Systèmes de culture intensifs 4

1.4. Conclusions sur l'évolution de la fertilité 8

2. Les processus majeurs d'évolution de la fertilité 6

2.1. Processus d'évolution du bilan organique 6

2.1.1. Paramètres d'estimation du bilan organique 6

2.1.2. Effet des successions culturales 8

2.1.3. Effet du labour 8

2.1.4. Effets des apports d'engrais 9

2.1.5. Effets de la fertilisation organique 9

2.1.6. Effets conjugués de la fertilisation minérale et organique 10

2.1.7. Conclusions sur le bilan organique 10

2.2. Processus d'évolution du bilan minéral 11

2.2.1. Les entrées minérales dans le système sol-plante 11

2.2.2. Les sorties minérales du système sol-plante. 12

2.2.3. Bilan minéral des sols cultivés 112

3. Synthèse des idées force développées dans la littérature sur l'évolution des facteurs de fertilité 13

3.1. Les causes de dégradation de la fertilité des sols sous cultures pluviales..... 13

3.2. Les facteurs 13

3.3. Les problèmes 14

3.4. Notre proposition 14

PARTIE II:

L'APPROCHE DE L'ETUDE

Chapitre I:

Constat sur les données de départ 16

1. Le climat, contrainte pour l'agriculture..... 16

1.1. Un gradient de pluviosité nord-sud..... 16

1.2. Des pluies agressives typiquement tropicales 21

2. L'importance des sols ferrugineux tropicaux 23

2.1. Le substrat géologique à l'origine des sols ferrugineux tropicaux..... 23

2.2. L'importance des sols ferrugineux tropicaux..... 23

3. Le domaine de l'agriculture..... 25

4. Dégradation des sols, saturation foncière et mouvements migratoires au Burkina Faso 28

Chapitre II:

Le choix du front pionnier 31

1. L'hypothèse de départ 331

2. Le choix du site de Thiougou..... 31

2.1. Un front pionnier en zone nord-soudanienne 31

2.2. Confirmation du caractère front pionnier de Thiougou: la petite région de thiougou vue par satellite 33

3. Caractéristiques de thiougou 37

3.1. Historique du village de Thiougou.....37

3.2 Evolution de l'occupation de l'espace.....38

Chapitre III:

La démarche expérimentale: une étude en milieu réel sur une chronoséquence d'âge de mise en culture des parcelles.....42

1. Le choix du type de sol.....42

2. Choix d'un système de culture et d'une pratique agricole.....43

2.1. Le choix d'un système de culture.....43

2.2. Choix d'une pratique agricole.....43

3. Etablissement d'un plan cadastral.....44

4. Définition de la chronoséquence dans le terroir.....44

Chapitre IV:

La saisie des variables.....46

1. Parcelles de caractérisation et parcelles de contrôle.....46

1.1. Les parcelles de caractérisation.....46

1.2 Les parcelles de contrôle.....46

2. L'échantillonnage dans les parcelles de caractérisation.....48

3. Mesures des propriétés chimiques.....48

4. Mesures des propriétés physiques.....49

5. Tests de productivité.....50

5.1. Plante-test.....50

5.2. Conduite des tests; mesures et observations sur les parcelles de caractérisation.....51

5.3. Suivi des parcelles de contrôle.....52

5.4. Pluviométrie de la campagne 1993.....52

PARTIE III:

RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre V:

Evolution des proprietes chimiques et physiques des sols ferrugineux tropicaux sous culture 55

Introduction 55

1. Résultats 55

1.1. Evolution des propriétés chimiques 55

1.1.1. Taux de matière organique et d'azote totaux 55

1.1.2. Evolution du phosphore total et du phosphore extractible 59

1.1.3. Evolution de la CEC, de la teneur en bases échangeables et du pH 61

1.2. Evolution des propriétés physiques 61

1.2.1. Texture et densité apparente 61

1.2.2. Evolution de l'état de surface 63

1.2.3. Evolution du comportement hydrique des parcelles 66

2. Discussions 69

3. Conclusion sur l'évolution des propriétés chimiques et physiques 72

Chapitre VI:

Evolution de la productivité sur les sols Etudiés 74

1. Résultats 74

1.1. Développement végétatif des cultures 74

1.1.1. Hauteur des plantes à 50 jours après semis 74

1.1.2. Hauteur des plantes à la maturité 74

1.2. La productivité en biomasse 76

1.2.1. racines et tiges 76

1.2.2. Productivité en grain 76

2. Discussion 76

3. Conclusions sur l'évolution de la productivité des sols étudiés. 80

Chapitre VII:

Les adventices, un autre facteur d'evolution de la fertilite 81

1. Résultats 81

1.1. Principales variables obtenues sur les parcelles d'observation 81

1.2. Les différentes espèces d'adventices et leur importance relative 83

1.3. L'importance des espèces par rapport au salissement des parcelles 85

1.4. Relations espèces-facteurs 85

2. Discussion 87

3. Conclusion 91

Chapitre VIII:

Aménagement "anti-érosif" et application de compost: une ébauche de solution pour une agriculture durable 92

1. Dispositif expérimental 92

2. Résultats 94

2.2. Effet de l'aménagement sur la saturation du réservoir hydrique 94

2.3. Effet de l'aménagement sur la productivité 101

3. Discussion 106

4. Conclusion 107

PARTIE IV:

SYNTHESE ET CONCLUSIONS GENERALE

A. Synthèse 108

1. Les conditions générales de l'étude 108

2. Résultats 109

2.1. Dégradation des sols 109

2.2. Les solutions potentielles contre la dégradation des sols ferrugineux tropicaux. 114

B. Conclusion générale 115

Bibliographie 117

Annexes 127

INTRODUCTION GENERALE

L'économie des pays sahéliens et soudaniens est essentiellement basée sur l'élevage et l'agriculture. Dans ces régions semi-arides, la pression démographique et la dérive climatique entraînent une demande croissante de nouvelles terres pour la production agricole. Or, la mise en culture non raisonnée de terres vierges peut entraîner une dégradation importante des sols.

Les processus de dégradation des sols en milieu tropical ont été largement étudiés à partir d'expérimentations en conditions contrôlées. En revanche, les études en milieu réel, où des facteurs physiques et socio-économiques interviennent, sont rarement pris en compte, eu égard aux difficultés de mise en oeuvre des expérimentations. Dans ce travail, nous avons étudié l'évolution de la fertilité de sols tropicaux en région nord-soudanienne sous l'influence des pratiques culturales, en s'appuyant sur l'existence de fronts pionniers où sont présentes des parcelles agricoles mises en valeur à différentes périodes (chronoséquence).

Le concept de fertilité est diversement défini suivant que l'on est agronome, pédologue ou agriculteur. La définition de la fertilité que nous avons retenue est celle de l'aptitude du sol à fournir un rendement donné dans les conditions de l'agriculture locale. Cette fertilité n'est pas immuable; le climat, les pratiques culturales, contribuent à son évolution.

La recherche se destinait à tester les hypothèses suivantes:

1) L'évolution de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux est la conséquence de la déforestation et est imputable aux pratiques culturales locales mal adaptées à sa conservation.

2) A partir de méthodes utilisables par les agriculteurs (dispositif anti-érosifs, gestion de la matières organique) il est possible de maintenir la fertilité des sols ferrugineux tropicaux à un niveau satisfaisant, dans une perspective d'agriculture durable.

Dans une première partie, une synthèse de la littérature sur l'évolution et la dégradation des sols en région tropicale est exposée, permettant de préciser les hypothèses qui sous-tendent ce travail. Une deuxième partie est consacrée à la présentation de la démarche, des méthodes d'observations et d'analyses adoptées. Dans la troisième partie, sont présentées les résultats obtenus sur l'évolution des propriétés physico-chimiques et la productivité des sols, l'influence des adventices ainsi que sur les

aménagements envisageables pour le maintien ou la restauration de la fertilité. La synthèse du travail fait l'objet d'une quatrième partie.

PARTIE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

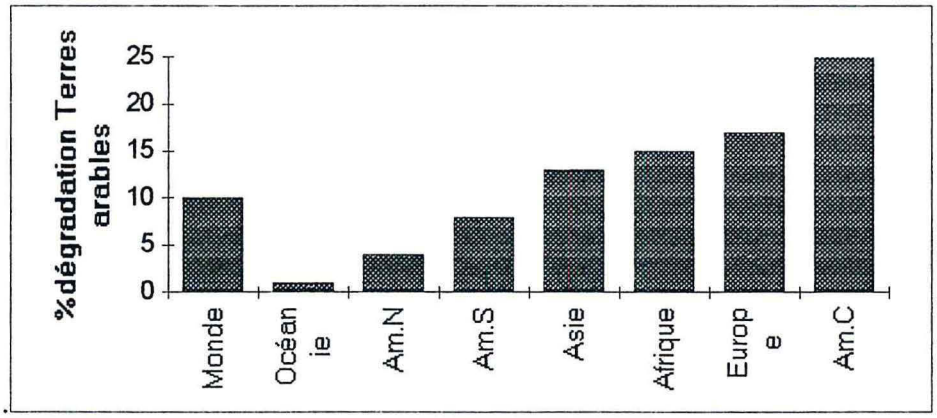
A. GENERALITES SUR LA DEGRADATION DES TERRES DANS LE MONDE

Selon les projections de l'ONU citées par Fresco (1994) la population mondiale sera environ de 6,2 milliards en l'an 2000, 9,5 milliard en 2075 et 11 milliards en 2100. Les besoins alimentaires mondiaux seront de plus en plus importants. L'agriculture devra donc être de plus en plus performante et aussi préservatrice de l'environnement. Le sol, principal support de l'agriculture, est certainement la composante la plus concernée par les risques de dégradation consécutive aux activités humaines et particulièrement à la mise en valeur pour la production végétale en zone sensible à l'érosion.

Le constat est que 10% des terres arables sont dégradés ou en voie de l'être

(figure 1.1).

Figure 1. 1: Etat de dégradation des terres dans le monde.



SOURCE: FRESCO, 1994

Le PNUE (1990), analysant la situation, a caractérisé les 3 principaux types de dégradation résultant des activités humaines:

-l'érosion hydrique et éolienne se traduit surtout par un décapage des horizons superficiels fertiles du sol,

-la détérioration chimique: elle s'exprime par une minéralisation de la matière organique du sol, l'épuisement des éléments fertilisants ou leur lessivage pouvant aboutir à une acidification. Cette détérioration chimique peut prendre aussi les formes

de salinisation ou d'alcalinisation sur certains périmètres irrigués, ou encore de pollution par des déchets toxiques,

-la détérioration physique se matérialise par la compaction, l'encroûtement ou l'engorgement de certains terrains.

A l'analyse, quatre causes ont été relevées:

-le défrichement et l'exploitation excessive des forêts ou de la végétation naturelle,

- le surpâturage,

-la mécanisation et l'intensification de l'agriculture,

-les activités industrielles.

Une des conséquences de tous ces processus est la perte tous les ans de 6 millions d'hectares de terres arables au détriment de l'agriculture, soit du fait de la baisse de fertilité, soit du fait de l'érosion (UNESCO,1990). La FAO (1977) a établi une carte des sols du monde et une carte du risque de dégradation des sols. Ainsi on sait que les zones tropicales et intertropicales sont les plus exposées aux processus d'érosion,, de dégradations chimique et dégradation physique. Les facteurs climatiques, notamment l'intensité et l'agressivité des pluies, rendent plus cruciale l'érosion pluviale.

Des études plus approfondies sur les sujet ont été conduites à l'échelle des différents continents. Nous allons nous intéresser à celles qui ont concerné le milieu tropical et intertropical au niveau de l'Afrique sud-saharienne.

B. EVOLUTION DES FACTEURS DE FERTILITE EN AFRIQUE INTERTROPICALE

1. LE CONSTAT SUR L'EVOLUTION DE LA FERTILITE

1.1. SYSTEMES DE CULTURE TRADITIONNELS

Sur ce sujet il existe peu de données objectives recueillies en dehors des stations de recherche (Pieri, 1989) et la plupart des études ont été réalisées en zone humide (pluviosité >1000 mm). Comme le montre le tableau I.1, elles ont abouti à la conclusion que dans l'ensemble de la zone humide, le mode de culture traditionnel, après destruction du couvert arboré par abattage et brûlis progressifs, induit très rapidement une détérioration mesurable des caractéristiques physiques, organiques et chimiques des sols cultivés (Nye et Greenland, 1960; Fauck et *al.*, 1969; Greenland, 1970; Siband, 1972 et 1974; Ayanaba et Okiobo., 1975; Feller, 1977; Richard et Djoulet, 1985; Djegui et *al,* 1992)

Tableau I.1: Evolution des caractéristiques chimiques des sols en fonction de la durée de culture (cas de la moyenne Casamance)

caractéristiques analytiques des sols	profondeur (cm)	forêt	3 ans de culture	12 ans de culture	46 ans de culture	90 ans culture
matière organique (%)	0-10	2,85	2,49	2,02	1,14	0,84
	10-20	1,54	1,49	1,13	0,89	0,82
azote total (%°)	0-10	0,9	0,79	0,68	0,43	0,35
	10-20	0,53	0,54	0,47	0,38	0,42
rapport C/N	0-10	18,4	17,6	17,0	15,3	14,1
	10-20	16,8	16,0	14,2	13,8	11,4
pHeau	0-10	6,33	6,00	5,88	5,98	5,92
	10-20	6,08	5,8	5,35	5,58	5,65
C.E.C (cmol/kg)	0-10	7,8	5,2	3,7	3,8	2,5
	10-20	3,5	3,2	3,0	3,2	2,9
somme des cations (cmol/kg)	0-10	6,8	4,2	3,2	2,0	1,6
	10-20	2,0	1,5	1,7	1,4	1,5
taux de saturation (cmol/kg)	0-10	87	81	86	53	64
	10-20	58	46	56	42	52
calcium échangeable (cmol/Kg)	0-10	5,0	2,7	2,2	1,4	1,0
	10-20	1,3	1,1	0,8	1,0	0,9
magnésium (cmol/kg)	0-10	1,7	1,2	1,0	0,5	0,5
	10-20	0,7	0,4	0,6	0,4	0,4

Source: Siband, 1974

Il n'a pas été possible d'identifier une évolution régressive parallèle de la productivité des terres (Feller et Milleville, 1977) . Les rendements des cultures après un effet dépressif enregistré les premières années, sont élevés pendant 6 à 8 ans; puis ils s'affaissent vers 10 à 15 ans par suite de la dégradation des caractéristiques du sol et de l'infestation croissante par les mauvaises herbes (Siband, 1974).

On peut retenir qu'en zone humide, un cycle de dégradation physique et minérale des sols cultivés sur défriche forestière s'amorce rapidement, les caractères mesurables évoluent régulièrement. Par contre l'effet défavorable sur la productivité n'est quantitativement perceptible que plus tardivement.

En zone semi-aride de savane (pluviosité aux environs de 800 mm), peu d'études ont été réalisées en milieu réel et certaines se sont limitées à des enquêtes et leur résultats sont controversés. Les unes montrent que la dégradation chimique (perte matière organique) des horizons de surface des sols est indépendante de la durée de culture. Cependant sur le terrain l'horizon de surface paraît plus clair, déstructuré, marqué par l'érosion et le ruissellement (Mayard, 1964; Bigot et Poulain, 1981). D'autres études comme celles de Chabalier et *al* (1981) établissent le diagnostic de la dégradation chimique et mettent aussi en évidence que les meilleurs rendements sont associés aux parcelles de moins de trois ans de culture tandis que les rendements les plus faibles sont associés aux parcelles cultivées depuis plus de 6 ans .

Ces données contradictoires sont probablement liées aux conditions de leur obtention, et elles traduisent toute la difficulté qu'il y a à mener des études en milieu réel.

En définitive, en zone de savane comme en zone de forêt, les systèmes de culture traditionnels conduisent à une évolution semblable des sols. Il y a dégradation des sols en quelques années de culture. Les rendements se maintiennent à peu près durant 3 à 6 ans, plus tard, fertilité et rendements diminuent. Mais l'essentiel de ces résultats a été obtenu en station. Rarement les études ont pu être efficacement menées en milieu réel paysan tant la forte variabilité naturelle des caractéristiques des sols et des conditions climatiques les rendent difficiles.

1.2. SYSTEMES DE CULTURE MANUELS INTENSIFS

Ces systèmes caractérisés par une force de travail manuelle et l'utilisation d'engrais minéral sur les parcelles, provoquent de profondes perturbations des caractéristiques du sol. Le taux de matière organique chute et le niveau des rendements des cultures vivrières baisse. Le pH devient nettement acide (voisin ou inférieur à 5,0) [Sedogo,1993]. Mais des doses croissantes d'engrais minéral appliquées à une rotation ne mènent pas nécessairement à une dégradation croissante des caractéristiques du sol notamment de la teneur en matière organique (Pieri, 1989).

1.3. SYSTEMES DE CULTURE INTENSIFS

Nous entendons par systèmes de culture intensifs, les systèmes de culture utilisant la culture attelée à traction animale, l'engrais minéral ou/et la matière organique. Ils ont été caractérisés à partir d'études menées en station de recherche (Bambey et Thilmakha

au Sénégal; Korhogo en Côte-d'Ivoire; Bebedjia au Tchad; N'Tarla au Mali; Kolo au Niger, Saria au Burkina Faso...).

Trois points majeurs ressortent de ces travaux:

* Dans le contexte d'une monoculture céréalière ne recevant qu'une fumure minérale l'acidification du sol est un processus généralisé (Pieri, 1979; Pichot et *al.*, 1981; Sarr, 1981; Sement, 1983; Rabot, 1984),

*Le chaulage relève le pH, rétablit l'efficacité de l'engrais et restaure un niveau élevé des rendements (Pichot et *al.*, 1981; Sedogo 1993),

*Une association engrais minéral et matière organique maintient le statut humique du sol, protège le sol contre l'acidification et procure des rendements élevés (Sedogo, 1981 et 1993; Cissé, 1986; Gakou, 1986; Kambiré 1993; Wey et *al,* 1987).

1.4. CONCLUSIONS SUR L'EVOLUTION DE LA FERTILITE

En résumé on peut dire:

*Sur le long terme le taux de matière organique baisse, le sol s'acidifie, les rendements s'effondrent. De plus, si sous certaines conditions l'érosion se développe, elle accentue les pertes de matière organique. Ainsi le taux de perte annuelle (k_o) de matière organique peut atteindre de 5% voire 7%. Cette perte de matière organique est comparable à celle qui survient dans les sols très sableux régulièrement soumis au labour.

* A tout point de vue, quel que soit le système de culture (attelé ou manuel), la monoculture et ou l'absence de fertilisants engendre les situations les plus défavorables: la rotation s'avère nécessaire. Une courte jachère naturelle ne permet pas le maintien d'un niveau acceptable de production. Mais dans le cas d'une bonne fertilité naturelle du sol ou si on a recours à une fertilisation et à l'introduction de nouvelles espèces, la jachère produit alors une importante quantité de biomasse. Les rendements des cultures qui lui succèdent s'en trouvent nettement accrus.

*L'enfouissement de paille semble accélérer les pertes (k_o) de stock de la matière organique originelle surtout en situation de sols très sableux.

*Sur ces mêmes sols très sableux des apports de 5 t/ha/an de fumier ne sont pas suffisants pour maintenir le stock initial de matière organique.

* La rotation des cultures (céréales/légumineuses) plus l'engrais minéral procure des rendements d'un niveau moyen de l'ordre de 1 tonne de sorgho par hectare. Mais l'acidification généralisée survenant fait chuter l'efficience de l'engrais à la moitié de sa valeur initiale.

* En système de culture manuels comme en système de culture attelé l'apport de matière organique évoluée à C/N assez bas (fumier ou compost) combinée à l'engrais minéral résout les problèmes de chute de matière organique et d'acidification, maintient les rendements élevés et surtout les stabilise.

Le maintien d'un stock de matière organique apparaît donc comme une nécessité. La quantification du seuil de ce stock en fonction des systèmes de culture et des caractéristiques du milieu physique demeure un objectif prioritaire à atteindre pour une saine gestion de la fertilité. Encore faut-il préciser et quantifier les processus majeurs de l'évolution de la fertilité des sols cultivés de cette zone.

2. LES PROCESSUS MAJEURS D'EVOLUTION DE LA FERTILITE

Nous allons distinguer pour les besoins de l'analyse une fertilité organique et une fertilité minérale.

2.1. PROCESSUS D'EVOLUTION DU BILAN ORGANIQUE

2.1.1. PARAMETRES D'ESTIMATION DU BILAN ORGANIQUE

Le bilan des sols cultivés est sous l'influence de plusieurs facteurs relatifs au milieu (climat, type de sol) et aux techniques culturales utilisées. Ainsi quelques auteurs comme Greenland (1970), Pieri (1989) ont proposé des formules d'estimation de ce bilan pour la zone tropicale sèche. A ces formules on ne saurait donner qu'une valeur indicative et leurs paramètres demandent à être précisés en fonction des conditions dans lesquelles on se trouve. On appelle K_S, le taux de perte annuelle en matière organique intégrant l'effet des pratiques culturales. Ce taux traduit d'une façon globale l'évolution quantitative de la matière organique du sol (Morel, 1989). Ks peut être alors défini par l'équation suivante:

$$K_S = K_O . \alpha_W . \gamma_P . \rho_r \, \Phi_f$$

A titre d'exemple, nous rapportons au tableau I.2, une définition et une quantification des paramètres de l'équation pour la zone intertropicale empruntés à Pieri (1989).

Au regard de cet exemple on peut immédiatement s'apercevoir que la mise en culture s'accompagne le plus souvent d'un bilan organique déficitaire. Mais cela n'implique pas forcément une détérioration du capital foncier. En effet on a vu plus haut que la forte relation qui existe entre la productivité du sol et sa richesse organique n'est pas continue. Ce qui fait appel à la notion de niveau critique de matière organique dans les sols tropicaux dont la littérature internationale ne fait que très rarement mention

(Sanchez et Miller, 1986). Cependant par rapport à la fonction essentielle d'agent agrégeant jouée par la matière organique dans les sols tropicaux à texture souvent sableuse , le rapport *St (%)= (M.O)% * 100 / (A+L)%* a été considéré par Pieri (1989) comme un bon indicateur du risque de dégradation physique; M.O. est le pourcentage de matière organique, A+L est le pourcentage cumulé en argile plus limon. Les valeurs caractéristiques de ce rapport étant:

$St<5$ = sol déstructuré, physiquement dégradé.

$5<St<7$ = sol instable à risque élevé de déstructuration

$7<St<9$ = sol à risque de dégradation faible

$9<St$ = sol suffisamment pourvu en matière organique ne présentant pas de risque immédiat de déstructuration.

Par ailleurs le maintien d'une activité biologique dans le sol est tout aussi capital que celui de son édifice structural, aussi est-il nécessaire de définir un niveau critique minimum de matière organique permettant le développement d'une population microbienne suffisante notamment en sols très sableux. Bien qu'il n'existe pas encore de normes bien établies, Egoumenides et *al* (1987) estiment que le rapport

[NHnD-NHD/N total]

en est un indicateur satisfaisant; les termes de ce rapport se définissant ainsi qu'il suit: *NHnD* = azote hydrolysable non distillable, *NHD* = azote hydrolysable distillable, N total = azote total. Le seuil se situerait vers 20 à 25 %. Cela correspondrait à des niveaux critiques de 0.2 à 0.6 % de matière organique pour des sols sableux à sablo-limoneux.

Tableau I.2: Evolution des coefficients multiplicateurs de K_0 pour les calcul de K_s

Type de sol	Taux de perte basal K_0(%)	Effet travail du sol (labour) α_w	Effet enfouissement paille γ_D	Effet rotation ρ_r	Effet engrais complet ϕ_f
Très sableux	4	1 à 1,6	1,4	0.9	0,8
limono-sableux	2	1 à 1,2	1,2	0,9	0,8

Source: Pieri (1989)

2.1.2. EFFET DES SUCCESSIONS CULTURALES

L'effet des successions culturales (anciennement appelées rotations culturales) sur le bilan organique des sols cultivés est certain mais encore mal connu dans le milieu tropical. Il a été formellement établi le caractère défavorable de la monoculture céréalière sur le bilan organique du sol et sur la production. Richard et Djoulet (1985) ont montré qu'une rotation céréales-coton diminue le taux annuel de perte (k_O) de matière organique d'un coefficient réducteur (ρ_r) qui serait proche de 0.86

2.1.3. EFFET DU LABOUR

Dans les conditions de faible porosité des sols de la zone, limitée à 40% (Charreau et Nicou, 1971) le labour améliore la porosité du sol et favorise un bon enracinement des cultures et de facto une *plus* forte production de biomasse racinaire. Les travaux de Chopart (1980 et 1983) montrent que le labour influence très nettement les caractéristiques de l'environnement des racines et favorise l'exploitation des ressources du sol. En effet, Morel (1992) a montré que les exsudats racinaires sous forme de mucilage favorisent l'établissement de ponts entre le sol et le végétal, ce qui permet d'assurer les échanges d'odre nutritif entre le sol et les racines. Il en résulte un accroissement des rendements et de la productivité en biomasse végétale qui varie selon les espèces. Somé (1989) observe que le labour augmente de 40 % les rendements du sorgho. Nicou (1977) et Chopart (1980) trouvent en moyenne une augmentation de 20% pour les rendements du mil, sorgho, arachide et coton. Cette augmentation peut atteindre 50% dans le cas du maïs et plus de 100% pour le riz pluvial. Ainsi, par cet effet indirect de l'augmentation de la productivité de la biomasse produite, le labour joue positivement sur les termes du bilan organique des sols.

Mais, par son effet sur la porosité des sols et sur le couvert végétal, le labour favorise l'activité microbiologique, l'aération, les caractéristiques hydriques des sols (Charreau et Nicou, 1971). Cela est particulièrement vrai en début de saison des pluies, au moment où les populations microbiennes connaissent un développement explosif après la longue saison sèche (Dommergues et Mangenot, 1970). De plus, l'extension de la rhizosphère contribue à un développement de la microflore hétérotrophe des sols. Ainsi des sols très sableux, annuellement soumis au labour, présentent souvent des bilans organiques négatifs. C'est le résultat d'une forte stimulation de l'activité microbiologique. Le labour, par la stimulation de l'activité microbienne, peut donc aggraver la perte de matière organique du sol (Velly et Longueval,, 1977).

Selon les conditions de sa réalisation (qualité, humidité du sol, pente du terrain), le labour peut réduire considérablement le ruissellement et l'érosion. En conditions satisfaisantes, l'installation précoce des cultures assure un effet écran qui renforce cette

action réductrice vis à vis de l'érosion. Mais dans des conditions de mauvaise réalisation, le labour aggrave le ruissellement et l'érosion qui peut provoquer jusqu'à 7% de perte annuelle de matière organique. Le contrôle ou l'aggravation de l'érosion par le labour est donc un élément déterminant du bilan organique du sol de cette zone.

En conclusion, le labour, en créant des conditions physiques favorables concourt au développement de la microflore hétérotrophe. Selon les conditions de réalisation, le labour réduit ou amplifie le ruissellement et l'érosion. En définitive, cette technique ne peut conduire à un maintien ou à une amélioration du bilan organique que si elle entraîne non seulement une production végétale en nette augmentation mais aussi un fort développement racinaire. On peut ainsi affecter au labour un coefficient α_W multiplicateur de k_O. Charreau et Nicou (1971) estiment que α_W est largement supérieur à 1 dans de nombreux cas.

2.1.4. EFFETS DES APPORTS D'ENGRAIS

La fertilisation minérale s'accompagne d'une forte augmentation de la biomasse racinaire et des parties végétales aériennes (Chopart, 1980). En augmentant les entrées organiques elle intervient donc positivement sur le bilan organique des sols dans le système sol-plante. Le plus souvent la fertilisation minérale a un effet favorable sur la réduction du taux de perte annuelle k_O de la matière organique. Le coefficient Φ_f multiplicateur k_O attaché à l'engrais NPK serait inférieur à 1 et se situerait selon Pieri (1989) entre 0,6 et 0,8 mais, à Saria, les travaux de Sedogo (1993) permettent de l'estimer à 1,3.

Mais, l'activité minéralisatrice d'un sol, stimulée par la présence d'une rhizosphère, est encore plus forte dans le cas d'une culture recevant une fumure azotée (Blondel, 1971). Ganry (1987) montre que plus la dose d'engrais azoté appliquée est élevée plus le stock d'azote du sol est sollicité. Cette situation paradoxale s'explique par le fait que l'engrais minéral induisant un développement de la rhizosphère augmente le volume de sol exploré par les racines, l'accroissement de la surface de contact sol-racine permet alors de mobiliser une plus grande quantité d'azote organique minéralisé. Aussi la stimulation de l'activité microbiologique suite à l'apport d'engrais mérite-t-elle d'être prise en considération dans toute étude d'évolution du bilan organique des sols. Le coefficient multiplicateur β_n affecté spécifiquement à l'azote est encore mal défini.

2.1.5. EFFETS DE LA FERTILISATION ORGANIQUE

La fertilisation organique avec des substrats à C/N élevé favorise la minéralisation de la matière organique (apportée ou originelle) (Sedogo, 1993). En effet ces substrats correspondent à un apport de carbone énergétique, lequel stimule fortement le

métabolisme des populations microbiennes hétérotrophes. On enregistre un fort dégagement de CO_2 lié à un pic respiratoire avec accumulation organique microbienne dont le C/N est bas de l'ordre de 6. Ce processus de consommation / réorganisation peut être à court d'azote. En effet, l'azote libéré par la minéralisation des apports organiques C/N élevé (paille) reste en deçà des besoins. Il s'en suit un phénomène d'immobilisation de l'azote du sol connu sous le nom de "faim d'azote". Le résultat est une surconsommation de carbone organique qui induit en définitive un bilan organique négatif des sols. Le coefficient γ_p, multiplicateur de k_o affecté à la paille a estimé entre 1,2 et 1,7 (Pieri, 1989).

Les apports organiques à C/N bas comme le fumier ou le compost équilibrent la minéralisation et l'humification et (en terme de bilan) favorisent l'humification. Le rôle de la fertilisation organique est essentielle dans l'évolution du bilan organique du sol. Le C/N du substrat conditionne fortement la tendance de gain ou de perte de matière organique que ce substrat induira (Gigou, 1982; Cissé, 1986; Ganry, 1990; Hien, 1990; Sedogo, 1993).

2.1.6. EFFETS CONJUGUES DE LA FERTILISATION MINERALE ET ORGANIQUE

La fertilisation, qu'elle soit minérale ou organique assure une installation précoce des cultures, le développement du couvert végétal protège le sol contre l'énergie cinétique des pluies donc contre l'érosion. L'enracinement précoce par un rôle d'ancrage contribue à réduire le ruissellement, l'érosion et les pertes par lixiviation. La fertilisation par ce biais joue donc un rôle positif dans le maintien du bilan organique des sols.

L'impact spécifique de la fertilisation azotée sur l'évolution de la teneur en matière organique du sol a fait l'objet de nombreuses études qui ont abouti aux conclusions suivantes :

L'apport d'azote associé à de la paille à fort C/N (exemple la paille de sorgho à C/N=90) entraîne une forte minéralisation de la matière organique du sol.

Une fertilisation à base de fumier et d'azote sous forme d'urée autorise un bilan carboné stable qui à terme devient positif (Sedogo, 1981 et 1993).

Feller et *al.*(1983) montrent que le bilan carboné ne peut être maintenu sur sol très sableux que par apport associé de compost et d'azote.

2.1.7. CONCLUSIONS SUR LE BILAN ORGANIQUE.

On pourrait récapituler cette brève revue bibliographique sur l'aspect organique de la fertilité en cinq points:

* L'estimation des bilans organiques des sols cultivés en zone tropicale aboutit à un constat de déficit généralisé.

* L'érosion peut accroître considérablement ce déficit qui par ailleurs peut être aggravé par les techniques d'intensification utilisées.

* Le travail du sol par retournement et la fumure minérale strictement azotée tendent à exagérer ce déficit.

* Les apports d'engrais complet NPK et de matière organique évoluée (fumier, compost) rééquilibrent le bilan.

* La notion de seuil critique justifie le maintien d'un bilan minéral organique. A ce propos le niveau critique correspondant au rôle de la matière organique dans la stabilité structurale a été assez précisément défini; quant au niveau critique relatif au rôle biologique, il est délicat, et il n'existe à l'heure actuelle que des pistes prometteuses.

2.2. PROCESSUS D'EVOLUTION DU BILAN MINERAL

2.2.1. LES ENTREES MINERALES DANS LE SYSTEME SOL-PLANTE

Les principales voies d'entrées minérales dans le système sol-plante sont les apports atmosphériques, les apports par la matière organique, les engrais et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique.

Les apports atmosphériques ont été étudiés en Afrique de l'ouest par des auteurs comme Jones (1971); Roose (1981). Plus que tout autres, les apports calciques sont importants, de l'ordre de 18 kg/ha et par an à Saria (Burkina-Faso).

Les apports minéraux par la matière organique sont faibles, d'abord parce que les quantités de résidus de récolte disponibles à des fins de fertilisation sont nulles ou extrêmement réduites (Dugué, 1985; Badiane, 1993; Kambiré, 1993). Un autre aspect est la variabilité des teneurs minérales des résidus organiques aussi bien dans les résidus bruts (paille, tiges, fanes) que les résidus transformés par les animaux.

La fixation symbiotique d'azote est assurée par les légumineuses annuelles ou ligneuses pérennes. Parmi elles, *Acacia Albida* est connue comme bonne fertilisante et amélioratrice des rendements (Charreau et Vidal, 1965; Dancette et Poulain, 1968). Par contre les résultats obtenus avec les légumineuses annuelles restent aléatoires en fonction de la pluviométrie. Sous climat tropical semi-aride lorsque l'alimentation hydrique est déficitaire la contribution de la fixation symbiotique à la nutrition azotée des légumineuses peut être inférieure à celle fournie par les réserves du sol, (Wetselaar et Ganry,1982; Wey, 1980). On observe alors un épuisement des réserves azotées du

sol, d'autant que dans les pratiques agricoles les résidus de récolte sont toujours exportés.

2.2.2. LES SORTIES MINERALES DU SYSTEME SOL-PLANTE.

Les pertes minérales s'effectuent par les exportations des récoltes, le ruissellement et l'érosion, la lixiviation et aussi sous forme gazeuse. Dans un contexte de pratiques agricoles sans restitution, les exportations par les récoltes sont très importantes. Le tableau ci-après donne un ordre de grandeur des exportations des deux principales cultures de la zone (le sorgho et le mil).

Tableau I.3: Exportations minérales du mil et du sorgho pour obtenir une tonne de produit récolté; (les chiffres en italique correspondent aux seules exportations par le grain.).

Culture(pays)	variété (pluvio-métrie)	rendement (kg/ha)		Exportation (kg/ha/t de produit)					
		paille	grain	N	P_2O_5	K2O	CaO	MgO	S
Mil	Locale	5125	1785	49,6	10,0	73,7	12,2	16,8	11,2
(Niger)	(638 mm)			*20,4*	*5,4*	*5,2*	*0,3*	*1,8*	*1,9*
Sorgho	S29	8460	1500	35,0	13,7	43,2	11,2	13,3	_
(Burkina-Faso)	(826 mm)			*16,5*	*5,9*	*3,6*	*0,3*	*2,0*	_

Source: Bertrand et *al.* (1972) pour le mil; Arrivets (1976) pour le sorgho.

2.2.3. BILAN MINERAL DES SOLS CULTIVES

Les bilans azotés de la grande majorité des systèmes de culture en Afrique tropicale s'avèrent largement déficitaires. Ce déficit est fonction du type de culture, des itinéraires techniques effectivement pratiqués, du mode et de l'importance de la fertilisation, mais aussi très largement de la quantité et de la répartition des événements pluviométriques. Les événements pluvieux déterminent l'époque et l'intensité de la minéralisation de la matière organique du sol (Ganry, 1977), et donc les pertes par lixiviation de l'azote libéré. Chaque année 50 à 75 kg par ha d'azote minéral sont libérés par minéralisation dont une fraction non négligeable est susceptible d'être lixiviée en cas de semis tardif ou de culture à enracinement superficiel comme l'arachide et le maïs. La pluviosité joue aussi un rôle dans l'efficience de la fixation symbiotique, processus très sensible aux périodes de sécheresse de début de cycle

cultural. Ainsi, contrairement aux idées reçues, la culture de l'arachide selon les pratiques culturales habituelles de la zone tropicale et compte tenu des aléas climatiques en début de saison de pluies, se soldait par des pertes de 15 à 30 kg/ha de N/ha (Ganry, 1977).

Le bilan calcique et magnésien est très généralement négatif avec une acidification progressive des sols, les anions nitriques libérés par la minéralisation de la matière organique servant de moteur. Le fait que le rapport déficit azoté par rapport au déficit calco-magnésien soit de 1/3 permet d'évaluer assez précisément les besoins en amendement calco-magnésiens des sols cultivés.

Le bilan potassique est parfois déficitaire, la cause majeure étant liée à la non compensation des exportations minérales par les cultures, notamment dans le cas de la non restitution des pailles de céréales. Pour cet élément, la perte par lixiviation est négligeable mais il ne faut pas oublier que plusieurs dizaines de kilogrammes peuvent être perdues par les eaux de ruissellement et l'érosion.

Le bilan phosphaté, souvent déficitaire est pourtant celui dont le maintien pose le moins de problème dès lors qu'une fertilisation phosphatée compense les exportations modérées dues aux cultures. En effet, hors mis les pertes par érosion, les pertes par les eaux de ruissellement et de drainage sont insignifiantes. Mais très souvent les sols ferrugineux tropicaux sont carencés en phosphore.

3. SYNTHESE DES IDEES FORCE DEVELOPPEES DANS LA LITTERATURE SUR L'EVOLUTION DES FACTEURS DE FERTILITE .

3.1. LES CAUSES DE DEGRADATION DE LA FERTILITE DES SOLS SOUS CULTURES PLUVIALES.

Deux processus fondamentaux sont à l'origine de la dégradation: l'érosion et le déficit du bilan organique.

-L'érosion sélective est la cause de la perte des fractions les plus actives des sols (colloïdes minéraux et organiques).

- Le déficit de bilan organique des sols cultivés, dans lesquels la minéralisation l'emporte sur l'accumulation organique sous forme d'humus, entraînant une détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques.

3.2. LES FACTEURS

Les caractéristiques du climat (quantité de distribution, intensité des pluies, alternance d'une brève saison humide et d'une longue saison sèche) et des terrains (pente, faible

stabilité des agrégats des sols, perméabilité réduite à l'eau) rendent les sols de ces zones tropicales particulièrement sensibles à l'érosion dès lors que l'écran végétal n'en assure plus la protection.

L'alternance brutale des saisons favorise, au début de l'hivernage provoque une intense activité microbienne des hétérotrophes consommateurs de matière organique. En saison sèche, l'absence de période froide, la nature sableuse des sols et leur pauvreté minérale, particulièrement en calcium, sont autant de circonstances inhibitrices du processus physico-chimiques de l'humification.

3.3. LES PROBLEMES

Les pertes par érosion et la transformation des constituants induisent en définitive quatre problèmes majeurs.

- Le bilan de l'eau dans le sol devient déficitaire. Un sol soumis à l'érosion pluviale peut perdre par ruissellement jusqu'à 30 à 40 % de l'eau de pluie qu'il intercepte. Cela limite d'autant la satisfaction des besoins de développement des plantes.

- La perte en colloïdes organiques et minéraux par érosion sélective réduit le bilan des éléments minéraux nutritifs des horizons de surface du sol avec pour conséquence une baisse de l'efficience de l'eau stockée et donc de la photosynthèse.

-Le troisième problème est la naissance d'une barrière physique du fait de l'effondrement structural des horizons de surface sous l'effet de l'érosion et de la minéralisation de la matière organique. La perte de l'humus et des colloïdes argileux met fin à la stabilité structurale, des croûtes et des pellicules se développent, la structure massive de surface devient un obstacle majeure à l'exploitation des profils par les racines.

-Le quatrième problème est l'éventualité d'un blocage du développement racinaire. Les horizons de surface sont désaturés et acidifiés sous l'effet des éléments solubles libérés par la minéralisation de l'azote organique. La concentration des ions H^+ résultant de la transformation des ions ammonium en nitrates augmente. La désaturation en cations s'accentue car les sols ont une capacité d'échange cationique amoindrie par l'acidification et par la perte des colloïdes organiques et minéraux. L'acidité, ainsi accentuée, limite le développement du système radiculaire.

3.4. NOTRE PROPOSITION

Certes il existe déjà d'assez bonnes connaissances sur la problématique de la dégradation des sols dans le milieu tropical. Mais la grande majorité des résultats disponibles ont été obtenus presque exclusivement en station de recherche. Les

résultats en milieu réel en zone soudanienne sont rares. Toute tentative d'étude en milieu réel se trouve rendue compliquée par l'existence d'une grande variabilité naturelle des éléments du milieu physique comme du milieu socio-économique.

De plus, lorsqu'on examine d'assez près les différentes études, il semble qu'elles n'ont pas toujours pris suffisamment en compte les interrelations existant entre les différents aspects physique, chimique et biologique de la dégradation des sols.

Il nous a donc paru essentiel pour la zone soudanienne qu'une étude se préoccupant des principaux facteurs de la dégradation des sols puisse être menée en milieu réel. Une telle étude serait fortement complémentaire des études antérieures et permettrait probablement de faire avancer l'état de connaissance sur le sujet tout en donnant l'opportunité d'éprouver et de valider, sur le terrain en "grandeur nature", nombre de résultats déjà acquis.

Aussi avons nous entrepris cette étude dont nous voudrions, dans la partie suivante, exposer l'originalité et la méthode .

Ainsi notre approche se caractérise par les points suivants:

* Toutes les observations ont été réalisées entièrement et exclusivement en milieu réel: dans les fermes des agriculteurs. Il s'agit donc d'un modèle expérimental mais en vraie grandeur où l'on pose un diagnostic en même temps que l'on propose une ébauche de solution pour permettre de mieux raisonner la mise en culture des terres

* Ensuite l'étude est globale: la question du sol est resituée dans l'environnement global, le facteur humain (aspect socio-économiques) étant considéré comme un élément de l'environnement.

* De plus l'étude aborde aussi bien les aspects chimiques, physiques, biologiques que les interrelations qui existent entre ces aspects.

* Enfin il s'agit d'une étude temporelle avec l'hypothèse de départ qu'un front pionnier offre l'opportunité d'étudier les différentes stade de dégradation des terres, les terres en végétation naturelle étant considérées comme témoin.

PARTIE II:

L'APPROCHE DE L'ETUDE

CHAPITRE I:

CONSTAT SUR LES DONNEES DE DEPART

1. LE CLIMAT, CONTRAINTE POUR L'AGRICULTURE

1.1. UN GRADIENT DE PLUVIOSITE NORD-SUD

Au Burkina, le régime des précipitations est uni-modal. Les régions sud sont les premières arrosées. Elles sont aussi les dernières à l'être à la fin de l'unique saison pluvieuse. En conséquence elles sont plus longuement et plus fortement arrosées que les régions nord du pays. Le gradient nord-sud de la pluviosité est montré par la carte 1. Utilisant ce gradient, Guinko (1984) a défini des zones climatiques sur l'ensemble du pays. Il distingue deux domaines climatiques : un domaine sahélien au nord et un domaine soudanien au sud.

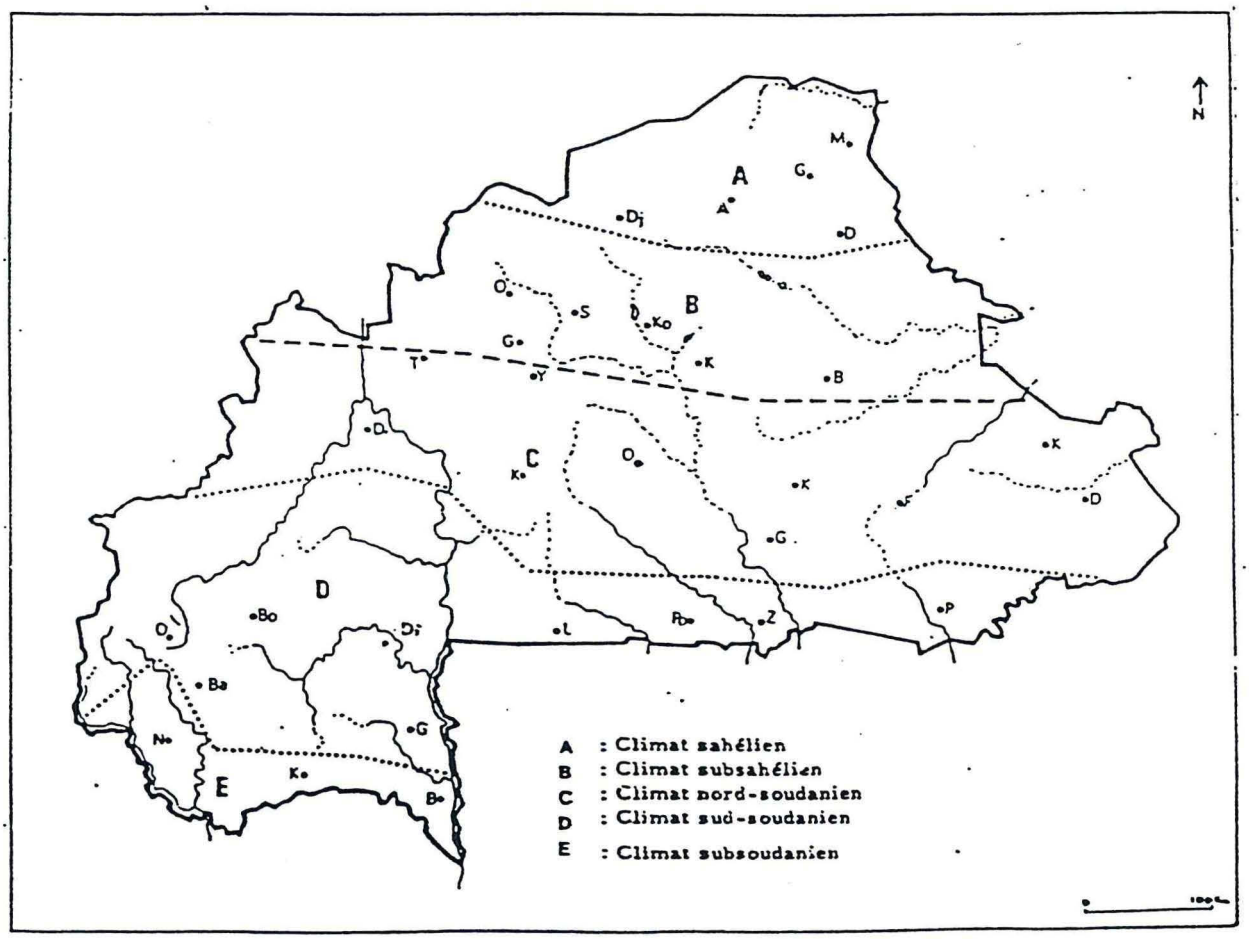
La pluviosité, utilisée comme critère dans la définition des zones climatiques, tend à se modifier depuis quelques décennies. En effet, dans le passé le Burkina bénéficiait d'une pluviosité plus importante. La moyenne annuelle atteignait 1400 mm dans l'extrême sud-ouest et 500 mm dans l'extrême nord (carte 2). Depuis les deux dernières décennies on enregistre un glissement des isohyètes vers le sud, l'isohyète 1200 mm a complètement disparu du Burkina Faso. Ainsi, l'extrême sud-ouest ne bénéficie plus que de 1100 mm et l'extrême nord de 400 mm (Somé et Sivakumar, 1994; carte 3). Il y a donc une tendance de dérive climatique .

Le domaine sahélien est divisé en deux zones climatiques : la zone sahélienne sensu stricto et la zone sub-sahélienne.

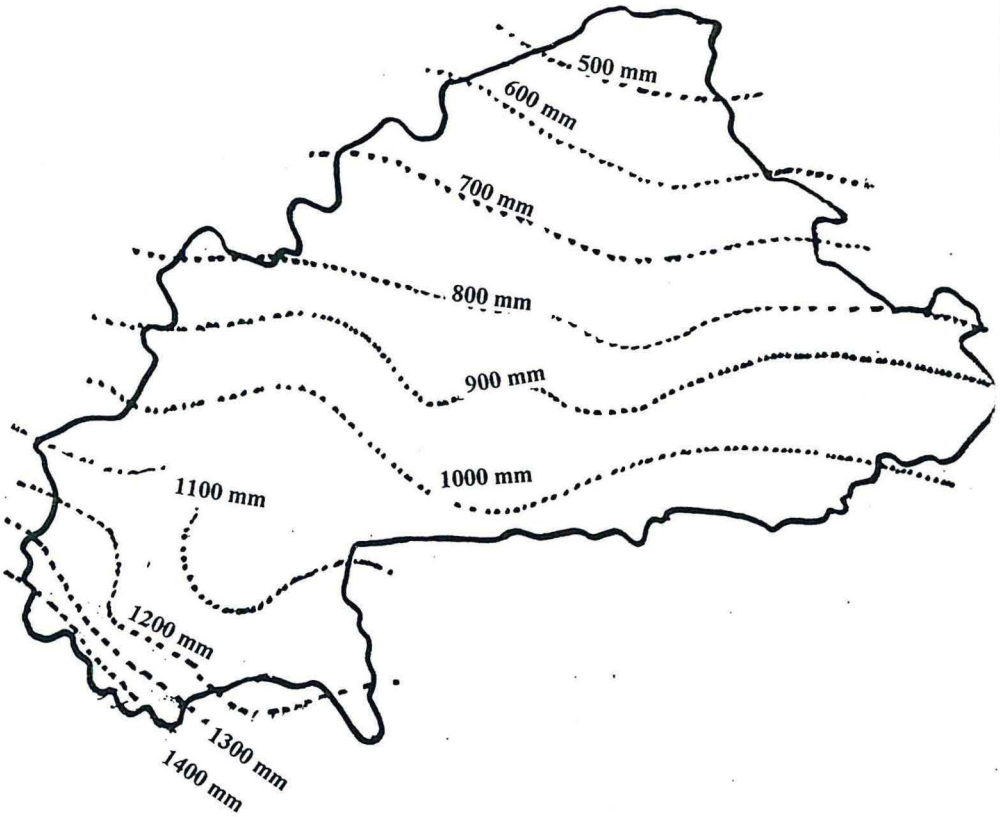
La zone sahélienne correspond à la zone où la pluviosité annuelle est inférieure à 600 mm. Elle va de l'extrême nord (15°) jusqu'aux environs du 14 ème parallèle.

La zone sub-sahélienne correspond à la zone comprise entre les isohyètes 600 mm et 750 mm. Elle se limite au nord au parallèle de 14° et au sud au parallèle de 13°. Sur le plan agricole Guinko (1984) définit la zone sahélienne comme la zone de culture du mil (*Pennisetum americanum*) hâtif à épi long appelé "mil de Dori" , tandis que la zone sub-sahélienne serait réservée au mil à épi court dit "mil Mossi". De fait l'agriculture

Carte 1: Zones climatiques du Burkina Faso (d'après Guinko, 1984).

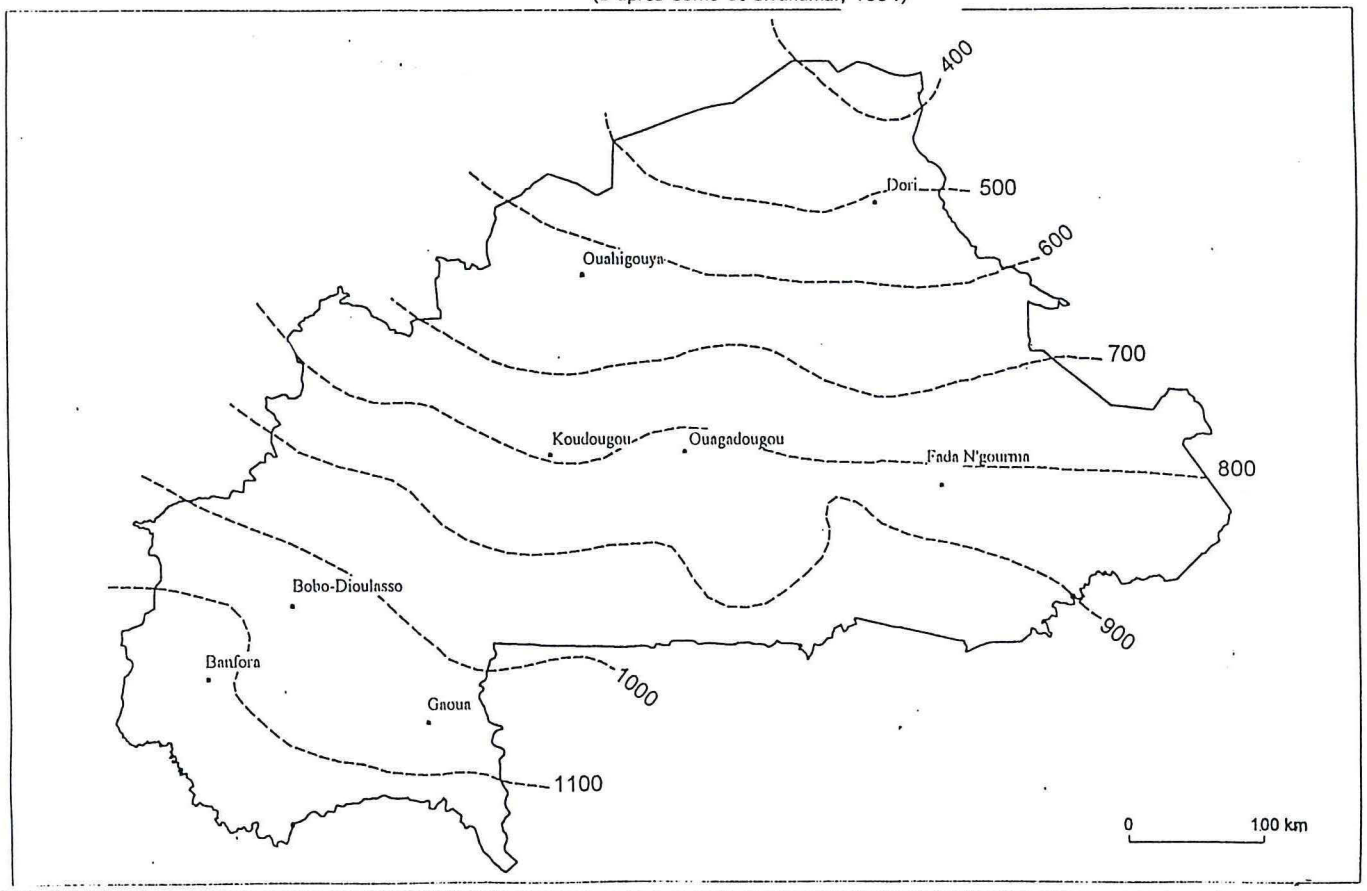


Carte 2: Pécipitations moyennes annuelles (en mm)
sur une période de 25 ans (1945-1970).



(D'après Atlas du Burkina Faso, 1975, éditions Jeune Afrique).

Carte 3: Burkina Faso, pluviométrie anuelle moyene (mm) (1961-1990)
(D'après Somé et Sivakumar, 1994)



est relativement aléatoire sur l'ensemble des régions sahéliennes: Somé (1989) a montré que 8 années sur 10 même un mil de 90 jours de cycle risque un déficit hydrique à la phase critique épiaison-maturation. Il observe que le maïs (*Zea mays*) et le sorgho (*Sorghum bicolor*) deviennent de plus en plus des cultures marginales pour ces zones à cause de l'aridification du climat.

Le domaine soudanien est subdivisé en 3 zones climatiques: la zone nord soudanienne, la zone sud-soudanienne et la zone sub-soudanienne.

La zone nord-soudanienne, comprise entre les isohyètes 750 et 1000 mm commence au nord du parallèle de 13° et se limite au sud vers le parallèle de 12°. Dans cette zone la plupart des cultures pratiquées au Burkina Faso sont possibles à l'exception du riz pluvial, du soja, et de l'igname (Guillobez, 1985). La culture du maïs cependant est toujours risquée dans cette zone et la longueur du cycle de sorgho ne devrait pas y excéder 110 jours (Somé, 1989). C'est la zone la plus cultivée du pays.

La zone sud-soudanienne est la zone où la pluviosité annuelle moyenne est comprise entre 1000 et 1200 mm , elle s'étend en latitude entre le parallèle de 12° et celui de 10°. Toutes les cultures du Burkina peuvent s'y adapter. En plus des cultures céréalières habituelles, des cultures comme le coton, les arbres fruitiers, l'igname, y sont bien développées notamment dans la partie ouest de la zone.

La zone sub-soudanienne correspond à l'extrême sud-ouest du pays. La pluviosité y est supérieure à 1200 mm, elle commence vers le parallèle de 10°. C'est la zone la plus humide du Burkina Faso. Cette zone sub-soudanienne tend à se glisser hors du Burkina.

On peut faire deux constats et souligner une conséquence majeure.

1) Il existe un gradient nord-sud de la pluviosité. Ce gradient défavorise l'agriculture (demeurée essentiellement pluviale) dans les régions nord et même dans une partie de la zone centre nord du pays. Les régions méridionales bénéficient d'un potentiel agricole plus élevé. Elles constituent le grenier du Burkina Faso. Le taux d'occupation y est resté, jusqu'aux deux dernières décennies, assez bas, inférieur à 6% pour des raisons historiques mais aussi en raison de certaines endémies comme l'onchocercose, les vallées humides de ces régions étaient des niches écologiques favorables à la prolifération des agents vecteurs, les simulies.

2) Le risque climatique pour les différentes cultures s'est aggravé dans le nord sahélien mais ce risque s'est aussi étendu vers le sud. Le gradient de pluviosité a été marqué par une dérive climatique.

3) Ces deux constats conjugués au développement d'une pression foncière accrue permettent de comprendre l'existence d'une migration d'agriculteurs du nord et du centre (semi-arides) vers les régions sud et sud-ouest du pays plus humides.

Mais ces régions sud et sud-ouest qui bénéficient d'une relative bonne pluviosité présentent d'autres types de contraintes pour l'agriculture, il s'agit de l'agressivité des pluies.

1.2. DES PLUIES AGRESSIVES TYPIQUEMENT TROPICALES

Les pluies tropicales sont en général de forte intensité et de ce fait agressives vis à vis du sol. Roose (1984) a établi, pour l'Afrique occidentale le lien entre l'indice d'agressivité moyen annuel ($R_{moy)}$ et la hauteur moyenne annuelle des pluies $P_{(moy)}$ par une formule empirique: $R_{(moy)} -= 0,5P_{(moy)}$. L'indice d'agressivité est donc globalement proportionnel à la pluviosité.

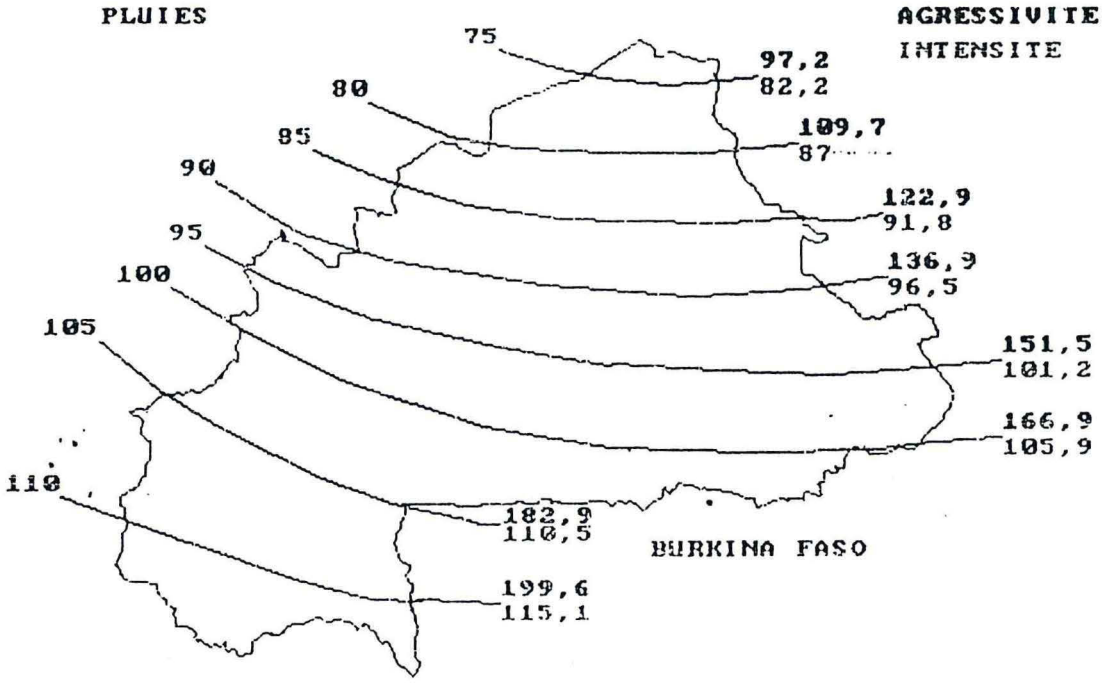
Mais en fait, les pluies journalières exceptionnelles (Brunet-Moret, 1963, 1967; Lahaye, 1980; Mietton, 1988) sont encore plus violentes. Elles s'abattent avec une intensité pouvant dépasser 120 mm/heure. Ces tornades liées aux "lignes de grains" sont de loin celles qui provoquent le plus de ruissellement et d'érosion surtout celles qui surviennent en mai ou en juin sur un sol nu et sec.

Guillobez (1992) a affiné l'équation de l'agressivité au niveau du Burkina et proposé que : $R = 3,56P_{(max)} + 0,67P + 26,89Lat - 569,51$

(avec $P_{(max)}$ = la pluie journalière la plus forte de l'année; P = la pluviosité annuelle; Lat = latitude du lieu considéré).

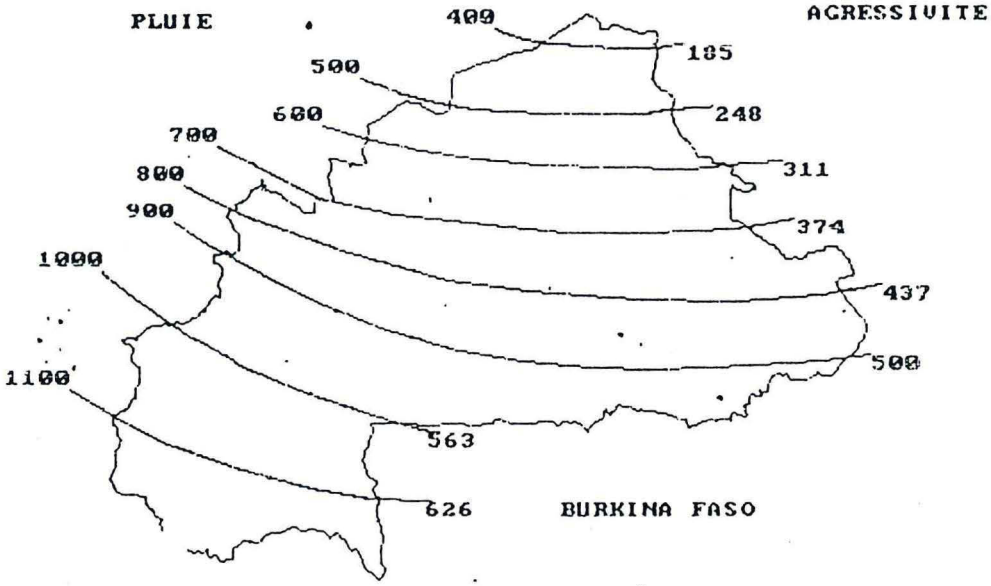
Cette équation a permis d'établir les cartes 4 et 5. La carte 4 montre bien que les pluies exceptionnelles, agressives sont plus intenses et plus probables dans les régions sud et sud-ouest. L'équation et la carte 5 montrent que l'agressivité des pluies tropicales est importante au Burkina et que les lignes "d'iso-agressivité" sont fonction de la latitude. Elles sont parallèles aux isohyètes avec aussi un fort gradient nord-sud.

On peut donc conclure que les régions sud et sud-ouest du pays bien que dotées d'un potentiel agricole plus élevé que les autres parties comportent, toutes conditions égales par ailleurs, des risques importants de détérioration physique du sol par érosion pluviale.



Carte 4:
Source: Guillobez, 1992

PLUIES , INTENSITE EN TRENTE MINUTES ET AGRESSIVITE DES PLUIES EXCEPTIONNELLES (FREQUENCE DECENNALE) JOURNALIERES.



Carte5 :
Source. Guillobez. 1992

PRECIPITATIONS ET AGRESSIVITE DES PLUIES MOYENNES ANNUELLES.

2. L'IMPORTANCE DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

2.1. LE SUBSTRAT GEOLOGIQUE A L'ORIGINE DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

Le Burkina s'étend sur deux grands ensembles géologiques: un socle précambrien et une couverture sédimentaire (carte 6).

*** Le socle Précambrien.**

Chronologiquement on distingue:

- Le Précambrien ancien: Ce sont des roches éruptives essentiellement des roches granito-gneissiques.

- Le Précambrien moyen (Birrimien): ce sont des roches métamorphiques notamment de schistes et des quarzites.

Plus tard s'est formée sur le socle une série de roches sédimentaires diverses que l'on a regroupé sous le nom de couverture sédimentaire.

La couverture sédimentaire:

* Au Cambrien se sont formés les grès du sud-ouest dans la région de Bobo-Dioulasso qui constituent le plus vaste ensemble sédimentaire.

*Au Tertiaire se sont formés les grès, sables et argiles du continental terminal de la plaine du Gondo au Nord-ouest du pays.

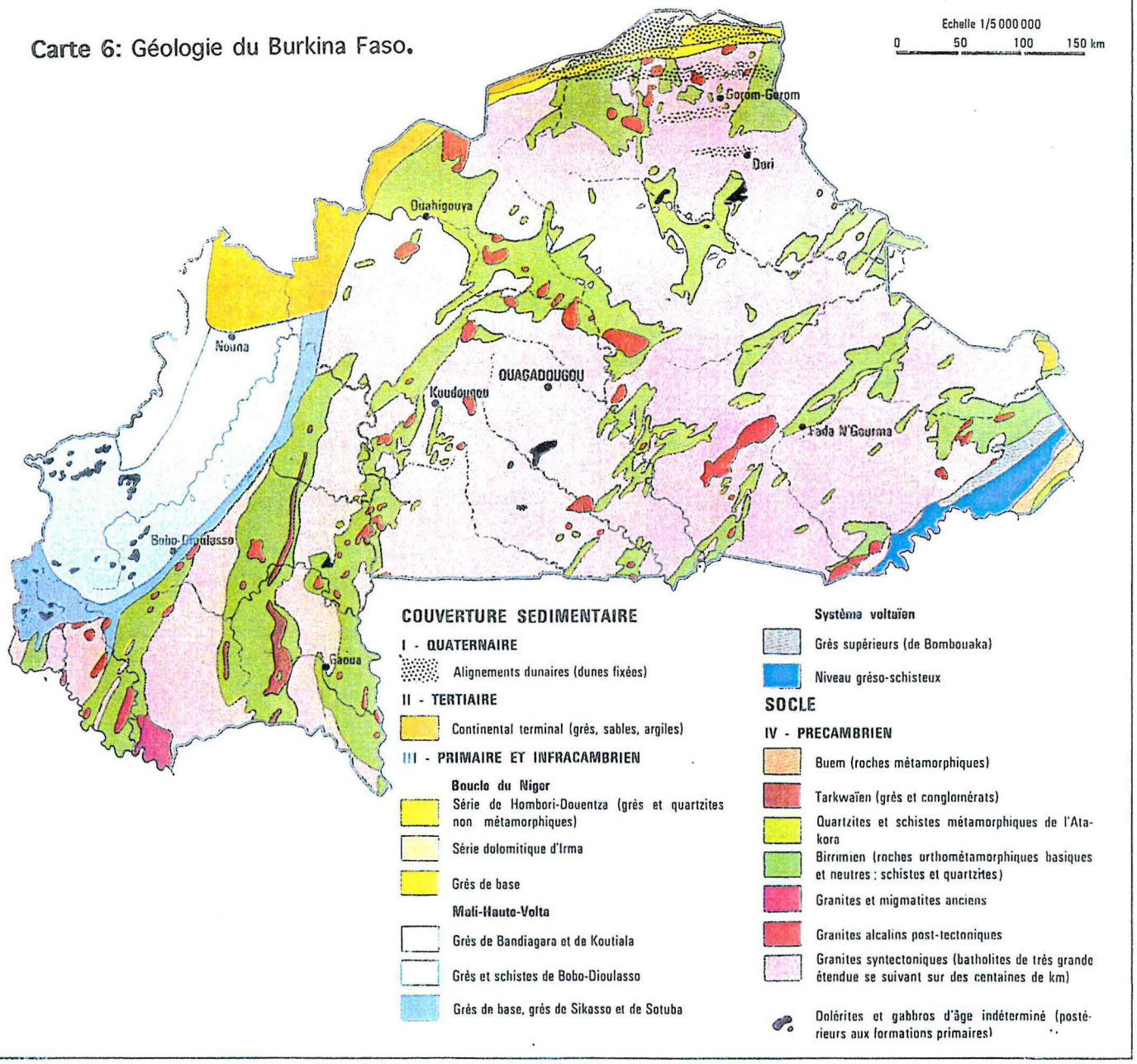
*Enfin on peut signaler les couvertures de moindre importance que sont les grès et calcaires dolomitiques de la boucle du Niger (grès de Bandiagara et de Koutiala); les alignements dunaires (dunes fixées) de la zone du Sahel et les grès et schistes du système voltaïen au sud-est du pays.

De cette carte on peut tirer la conclusion que les 3/4 du pays sont occupés par le socle précambrien essentiellement constitués des roches granitiques à tendance acide. L'altération de ces roches, longtemps soumises à l'alternance de climats tropicaux plus ou moins humides (probablement depuis le tertiaire), est à l'origine des sols ferrugineux tropicaux.

2.2. L'IMPORTANCE DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX.

La monosiallitisation est le processus essentiel d'altération de la pédogénèse en climat tropical et en conditions de milieu acide et drainant (Duchaufour, 1991). Il en résulte

Carte 6: Géologie du Burkina Faso.



une dominance de la kaolinite (argile1/1). En milieu tropical à saisons contrastées les hydroxydes de fer et de manganèse s'individualisent et confèrent aux sols des couleurs vives jaunes, ocres. L'horizon A superficiel gris brunâtre (beige) se différencie par lessivage ou appauvrissement tandis que l'horizon B_C plus argileux montre des taches et des nodules ferriques (des plinthites). Ainsi se forment les sols ferrugineux tropicaux. Par déshydratation et oxydation progressive les hydroxydes se cristallisent en concrétions qui au stade avancé constituent une carapace continue. Il est alors possible que l'érosion, par décapage transforme ces sols en sols peu évolués d'érosion sur carapace ou sur matériau gravillonnaire.

Les études pédologiques publiées sur le pays (Boulet et *al.*, 1969; Bunasols, 1985; Guillobez 1985) ont confirmé l'existence de ces deux principales unités: les sols ferrugineux tropicaux et les sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire. La carte 7 fait la synthèse de ces études pédologiques. Elle montre une nette dominance des sols ferrugineux tropicaux. Les sols ferrugineux tropicaux couvrent plus de la moitié du Burkina. Nous retiendrons que, pour cette région intertropicale, le type de sol dominant est constitué par les sols ferrugineux tropicaux.

3. LE DOMAINE DE L'AGRICULTURE

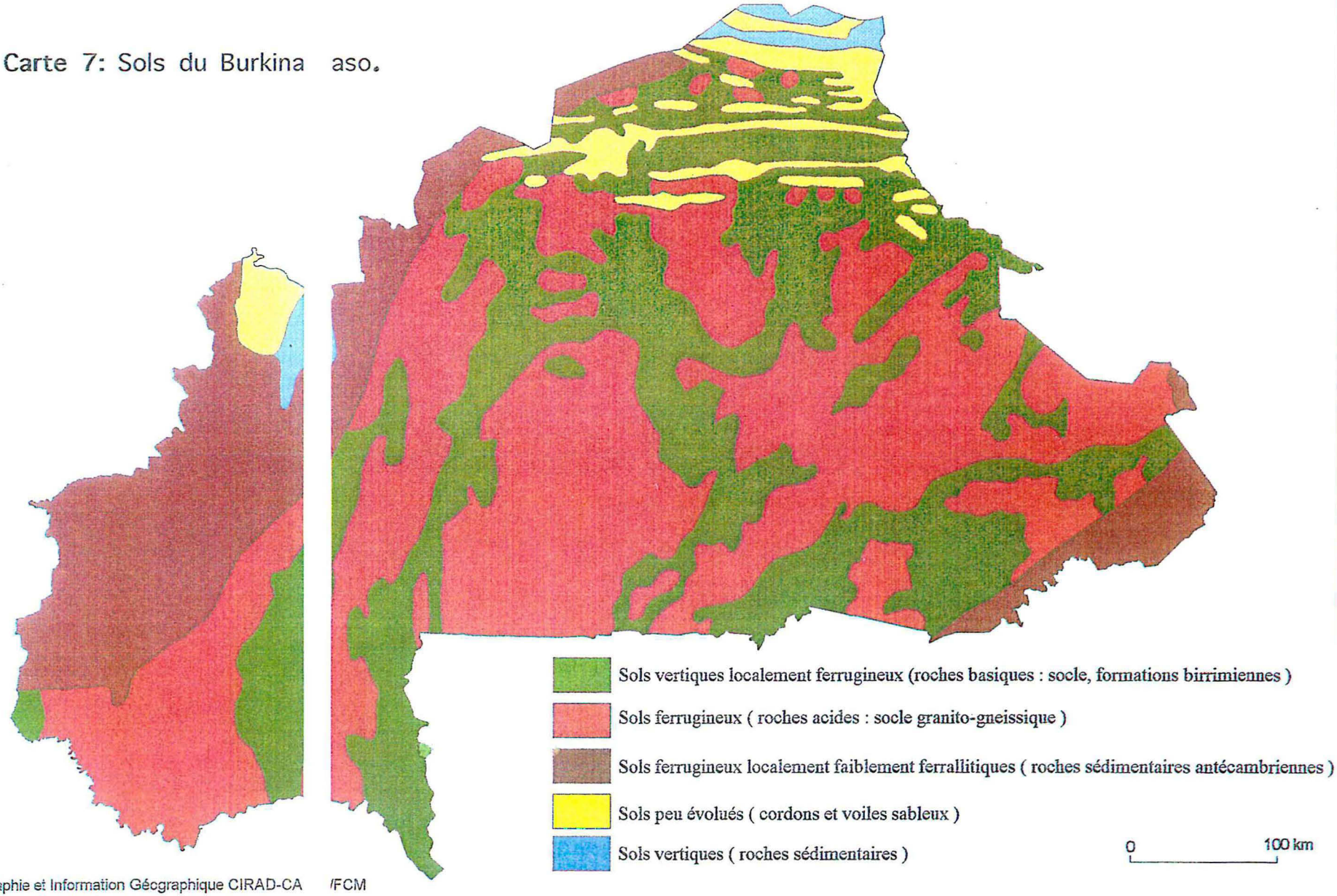
Le Burkina Faso se situe dans la région phytogéographique soudano-zambienne (Ozenda, 1982; Guinko, 1984). Sa végétation fait partie des formation tropophiles tropicales (Elhaï, 1968; Walter, 1973; Duvigneaud, 1974) qui sont des bandes parallèles à l'équateur allant de la forêt à espèces caducifoliées (savanes, forêt parc, savanes arborées) aux savanes sèches ou savanes à épineux. Guinko (1984) a défini sur l'ensemble du Burkina deux domaines phytogéographiques: le domaine phytogéographique sahélien et le domaine phytogéographique soudanien (carte 8) qui se superposent assez bien aux deux domaines climatiques définis plus haut (carte 1).

Le domaine sahélien est subdivisé en deux secteurs: le secteur sahélien strict et le secteur sub-sahélien.

Le secteur sahélien se caractérise par une végétation de steppe sahélienne avec des espèces sahariennes et sahéliennes comme *Acacia erhenbergiana, Ziziphus mauritiana, Balanites aegyptiaca..*

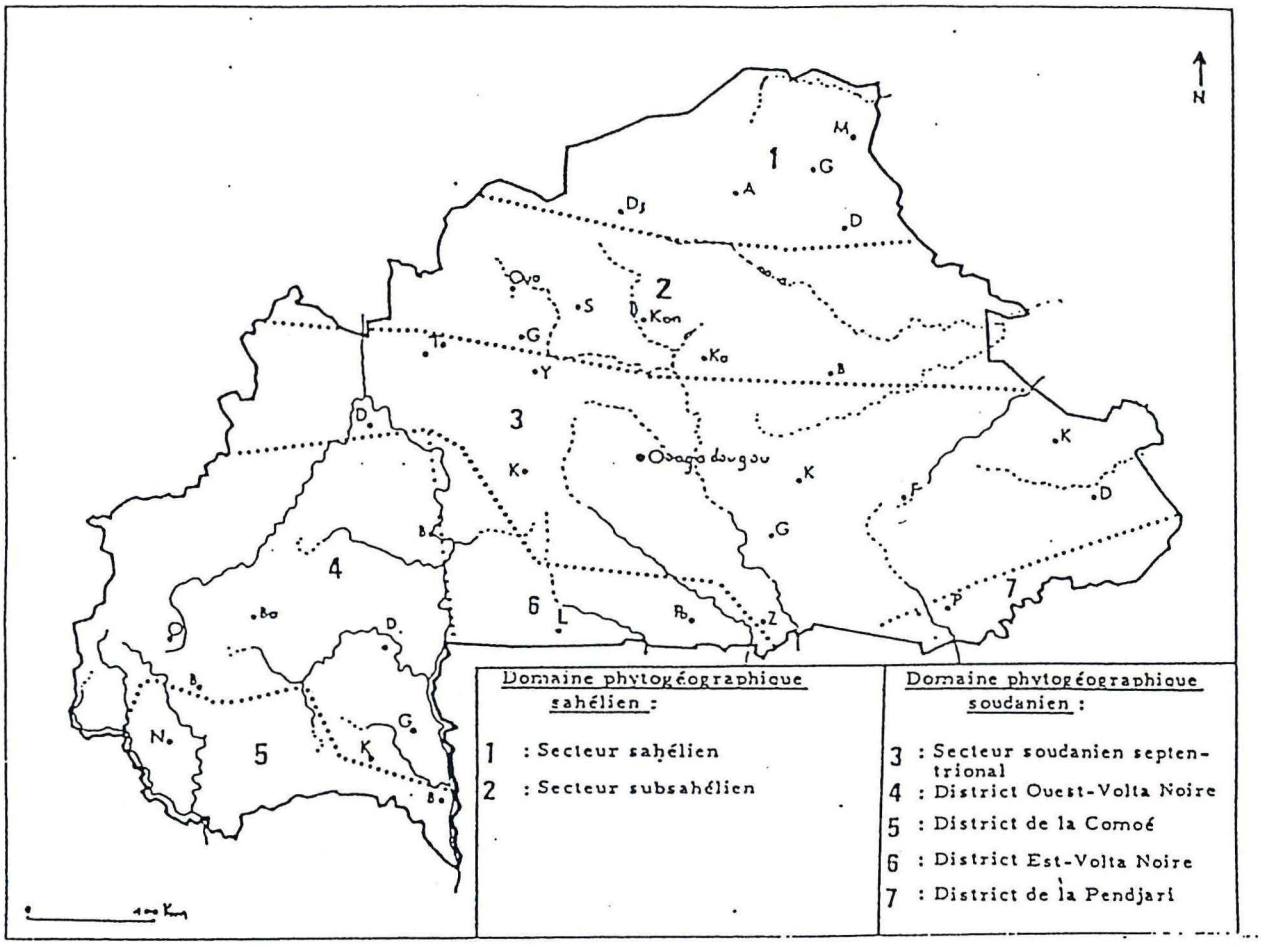
Dans le secteur sub-sahélien la végétation est caractérisée par un nombre plus important d'espèces soudaniennes et sahéliennes mais avec toujours une prédominance des espèces sahéliennes et sahariennes dont *Acacia laeta, Acacia radiana, Combretum micrantum....*

Carte 7: Sols du Burkina aso.



Cartographie et Information Géographique CIRAD-CA /FCM

(1995)



Carte 8: Territoires phytogéographiques du Burkina Faso (d'après Guinko, 1984).

A l'intérieur du domaine soudanien, 2 secteurs phytogéographiques ont été définis: le secteur phytogéographique soudanien septentrional et le secteur phytogéographique soudanien méridional.

Le secteur soudanien septentrional est le secteur de la savane arbustive et de la savane arborée dominée par les espèces comme *Butyrospermum parkii* (le karité), *Parkia biglobosa* (le néré), *Adansonia digitata* (le baoabab), *Lanea microcarpa, Bombax costatum, Tamarindus indica* (le tamarinier), *Acacia albida* (le faidherbia), *Combretum micranthum...*

Dans le secteur soudanien méridional, on rencontre une végétation plus variée: savanes arborées, savanes boisées, bois sacrés, forêts claires, galeries forestières le long des rivières pérennes. Les espèces caractéristiques sont *Anogeissus leiocarpus, Detarium microcarpa, Kaya senegalensis, Pterocarpus erinaceus, Daniellia oliveri...*

Le domaine par excellence de l'agriculture au Burkina correspond au domaine phytogéographique soudanien. L'essentiel de la zone agricole du Burkina Faso est situé dans les zones de savane arbustive, de savane arborée et de savane boisée.

4. DEGRADATION DES SOLS, SATURATION FONCIERE ET MOUVEMENTS MIGRATOIRES AU BURKINA FASO

La population totale du Burkina Faso était estimée au recensement de 1985 à 7.964.705 habitants. Cette population est majoritairement rurale (93,6 %). Elle a été inégalement répartie. Jusqu'à ces dernières années: 95 % de l'ensemble de la population vivaient dans les zones sub-sahéliennes et nord-soudaniennes qui couvrent environ 2/3 du pays. Ainsi, dans les régions centre (Plateau Central) et nord-ouest (le Yatenga) la densité de population s'élève à plus de 100 habitants au km^2 (Sedogo, 1993). Cette forte densité de population se traduit par une pression foncière accrue et, en fin de compte, par une saturation foncière. Dès 1983, Reij a mis en évidence cette saturation foncière de la zone centre par le coefficient d'intensité culturale* qui était de 14 % pour la région du Sahel,18 % pour la région sud et ouest et 54 % pour la région centre. Cette réalité s'exprime encore mieux par la superficie agricole utile par habitant résident établi par le même auteur: ainsi la région centre se distingue nettement avec 0.9 ha/habitant, contre 2,8 ha/habitant pour les régions nord, sud et ouest.

Les sols, en raison de leur faible taux de matière organique, de leur caractère sableux et de la dominance de la kaolinite (argile 1/1) présentent une fertilité limitée. Ils sont donc épuisés par la mise en culture continue sans apport de fertilisants (Sedogo,1993).

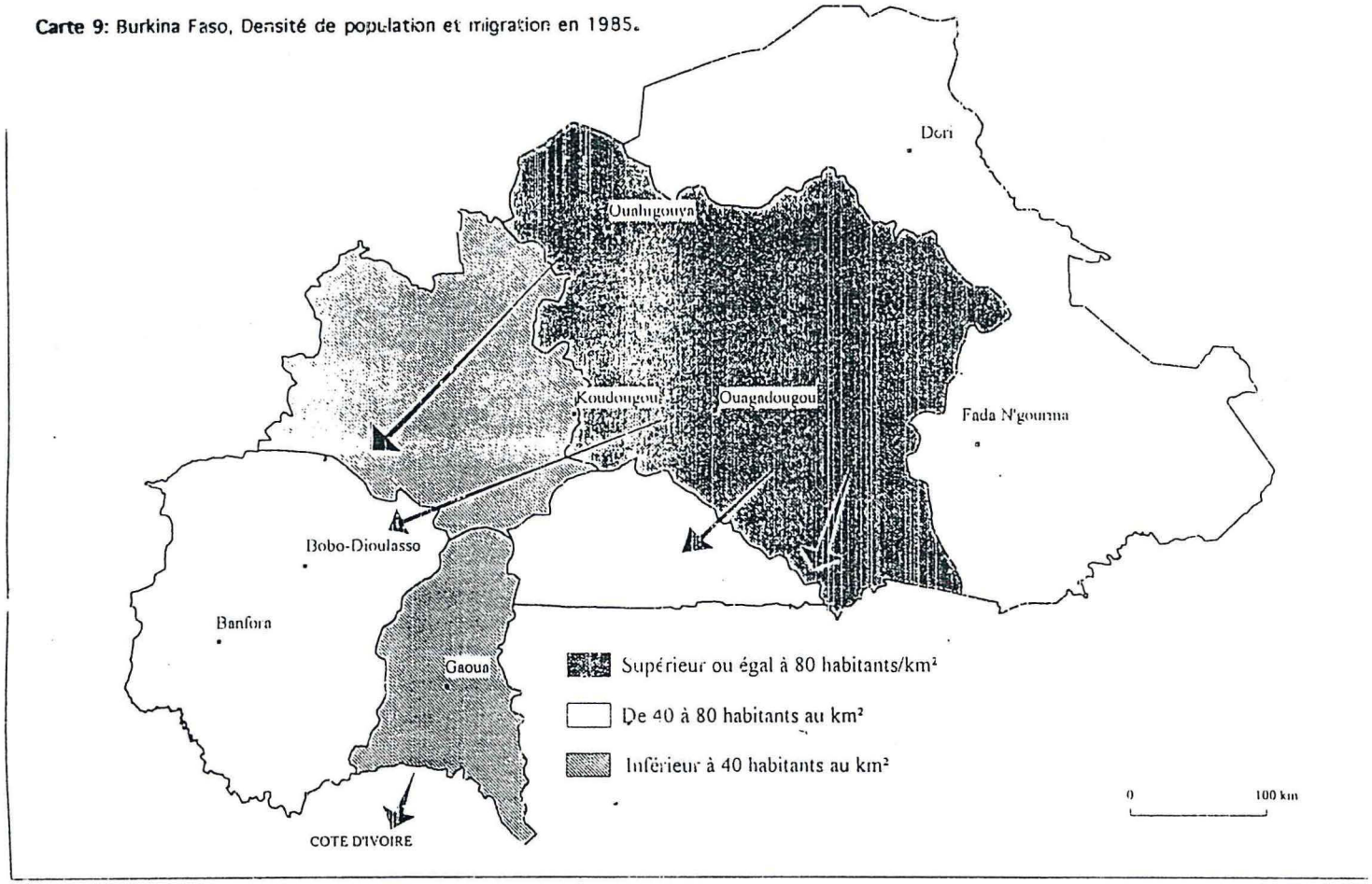
---

* coefficient d'intensité culturale (C.I.C) = rapport superficie cultivée sur superficie agricole utile

La dégradation des sols consécutive à la saturation foncière et les conditions climatiques défavorables ont fait naître un mouvement migratoire interne des agriculteurs depuis les régions nord et centre vers les régions sud et ouest du pays (carte 9).

Les migrations se sont amplifiées ces dernières années du fait de la persistance de la sécheresse (dérive climatique) et à la faveur de l'éradication de l'onchocercose dans les vallées des rivières. Ces migrations internes provoquent une multiplication des fronts de colonisation agricole dans l'ouest et le sud du pays (Morant, 1991) où de nouvelles terres sont défrichées pour être cultivées. C'est donc là que l'on trouve les fronts pionniers.

Carte 9: Burkina Faso, Densité de population et migration en 1985.



CHAPITRE II:

LE CHOIX DU FRONT PIONNIER

1. L'HYPOTHESE DE DEPART

Après avoir fait les constats suivants:

*saturation foncière dans la région du Plateau Central avec pour conséquence la dégradation de l'environnement et du sol,

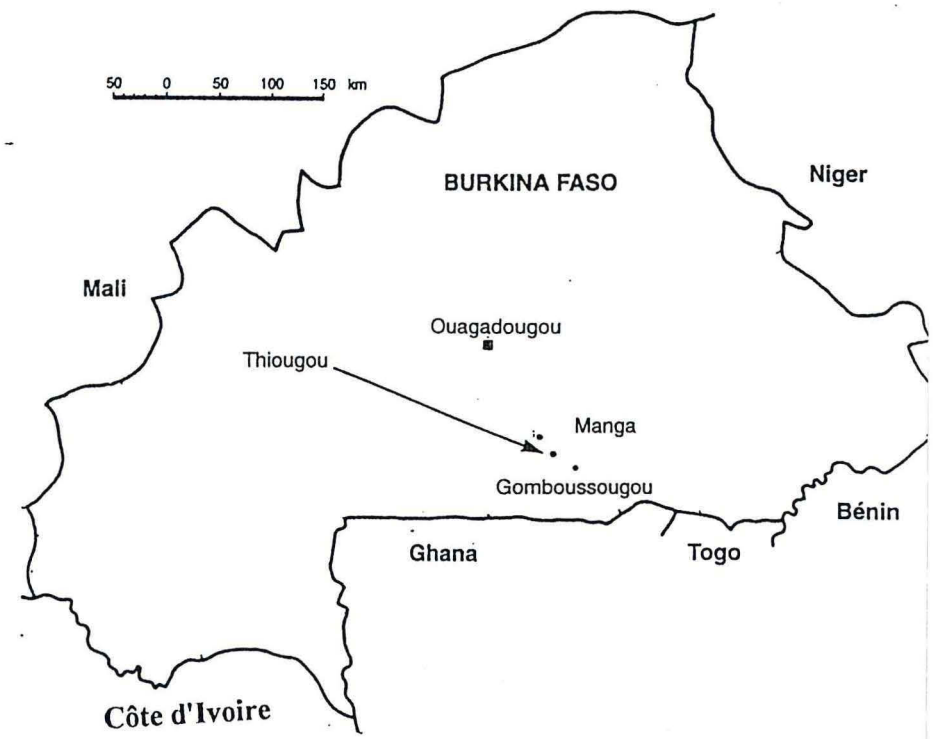
*naissance d'un flux migratoire interne du plateau central vers les zones sud et ouest et création de fronts pionniers,

nous avons émis l'hypothèse que le front pionnier est le lieu idéal pour étudier les processus d'évolution des sols sous l'influence de la mise en valeur agricole. En effet sur un front pionnier on pourrait trouver différents stades d'évolution des sols, les terres sous végétation naturelle constituant le témoin. Dès lors le site de l'étude devait se situer sur un front pionnier au sud ou au sud-ouest du pays.

2. LE CHOIX DU SITE DE THIOUGOU

2.1. UN FRONT PIONNIER EN ZONE NORD-SOUDANIENNE

L'étude par ses objectifs comporte plusieurs aspects et ne pouvait bien se mener qu'au sein d'une équipe pluridisciplinaire. Elle s'inscrit ainsi dans le programme recherche sur les systèmes de production (RSP) de l'INERA. Quatre équipes RSP sont implantées à travers le pays: 2 équipes dans la zone sub-sahélienne, 1 équipe dans la zone nord-soudanienne et 1 équipe dans la zone sud-soudanienne. Les équipes travaillent dans des villages représentatifs des sous-zones agroclimatiques, les villages-sites de recherche. L'équipe de la zone sud-soudanienne a identifié 4 villages dont deux sont sur front pionnier. L'équipe de la zone nord-soudanienne dont nous relevons mène ses activités de recherche dans 3 villages-sites dont un (Thiougou) est sur un front pionnier. Trois villages remplissaient donc le critère front pionnier: les deux villages en zone sud-soudanienne et Thiougou dans la zone nord-soudanienne. En raison de notre appartenance institutionnelle à l'équipe de la zone nord-soudanienne et en raison de l'antériorité de la recherche système dans le terroir de Thiougou, notre choix a porté sur ce site de la province du Zoundweogo pour l'étude.



Carte 10a: Situation du village de Thiougou

Thiougou est situé plus précisément dans la variante sud du Plateau Central dans la zone de transition entre zone nord-soudanienne et zone sud-soudanienne. Son finage, d'une superficie de 8455 ha, s'étend entre 11°24' et 11°29' de latitude nord, 0°49' et 0°54' de longitude ouest. Le village est à environ 110 km à vol d'oiseau au sud de Ouagadougou la capitale (carte 10a).

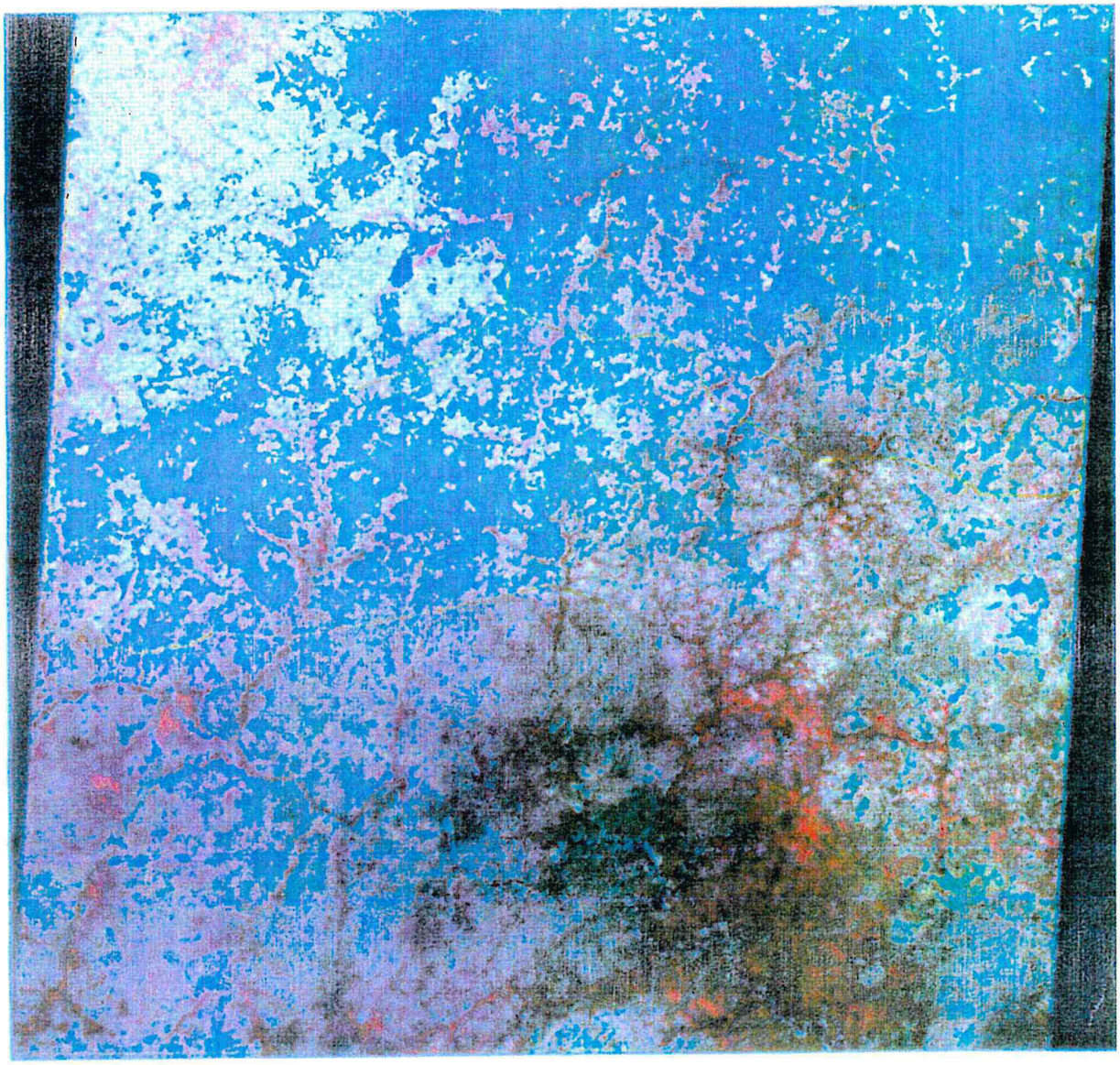
Mais encore fallait-il confirmer que Thiougou est vraiment un front pionnier. L'imagerie satellitaire a été un des moyens utilisés pour apporter cette confirmation.

2.2. CONFIRMATION DU CARACTERE FRONT PIONNIER DE THIOUGOU: LA PETITE REGION DE THIOUGOU VUE PAR SATELLITE

La photo 1 est une image spot prise en octobre 1991. Elle offre une vue de 3600 km^2 (60 km x 60 km) sur la région de Thiougou. Les parties blanchâtres représentent (en dehors des cours d'eau) l'emprise agricole (champs ou zones dénudées) et les parties rouges foncé représentent la chlorophylle, donc la végétation. On peut remarquer l'opposition de deux zones. Au nord-ouest de l'image une zone de cultures assez saturée à végétation totalement dégradée, au sud de la scène s'étend une zone de végétation. En se rapprochant, à plus grande échelle, le terroir de Thiougou apparaît sur la photo 2. On y distingue : au nord les champs, entre les champs parfois des plages de végétation et au sud une zone à végétation dense, correspondant à une forêt. La carte 10b montre qu'une partie de cette forêt appartient à la forêt classée "Paul Tambi". Thiougou est donc à la lisière d'une forêt. La structure dentelée de la limite cultures/forêt et les fréquentes inclusions de forêt à l'intérieur des zones de cultures tend à montrer que le village étend progressivement son emprise agricole vers la forêt classée. Ces observations confirment donc que Thiougou est bien un village du front pionnier.

Dans ce terroir on pourra donc trouver des terres sous végétation naturelle, des parcelles anciennement cultivées, de nouvelles défriches et des parcelles d'âge intermédiaire. On pourrait donc y définir une chronoséquence d'âges différents de mise en culture. Mais pour ce faire il fallait mieux connaître le village et disposer d'informations suffisantes comme celles relatives à la date de création du village, au rythme d'évolution de l'occupation de l'espace dans le terroir, aux groupes sociaux en présence.

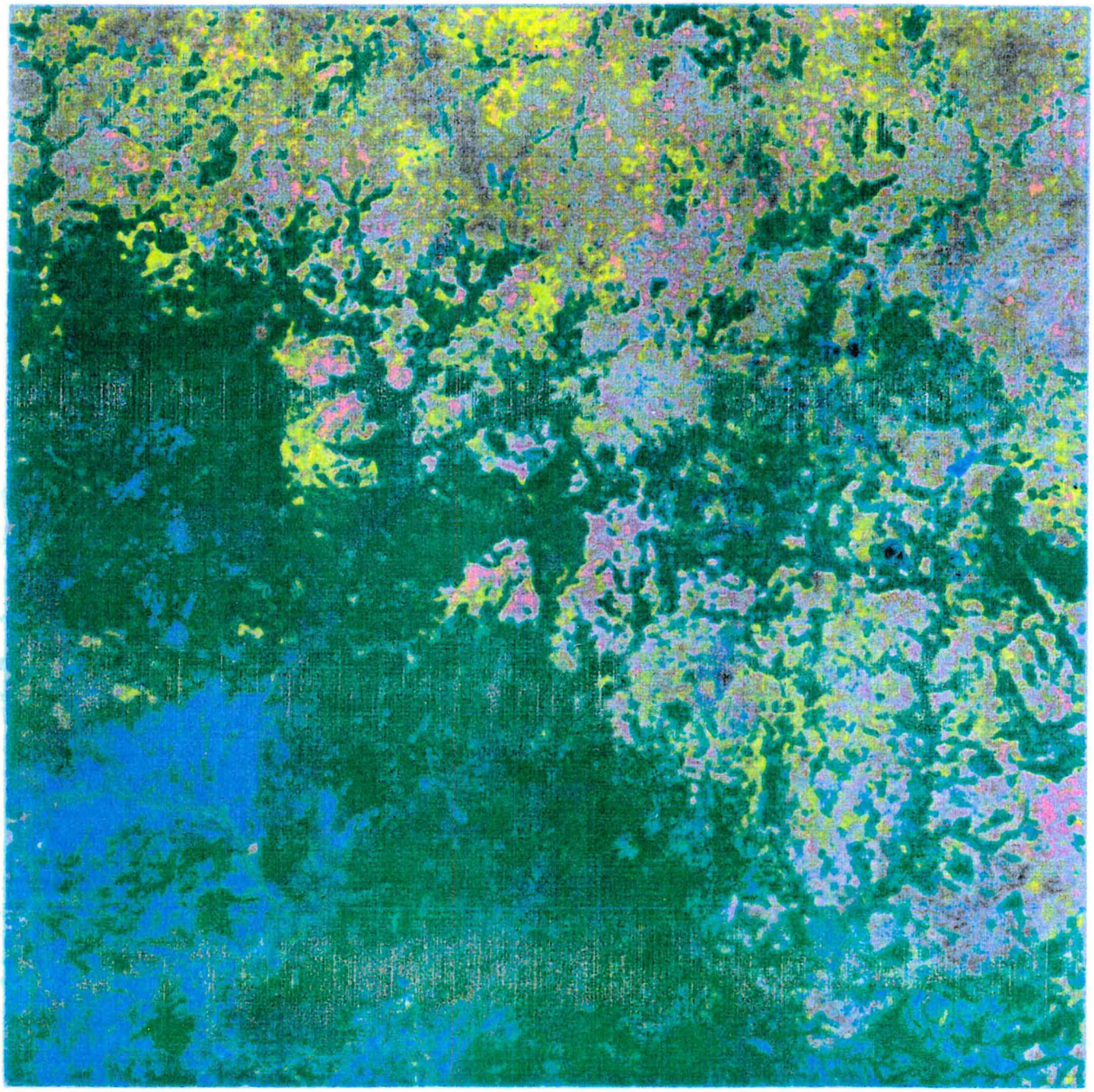
Photo 1: TIHOUGOU COMPOSITION COLOREE
SCENE SPOT XS DU 12-10-91
ETALEMENT EQUIPOPULATION



2 Km

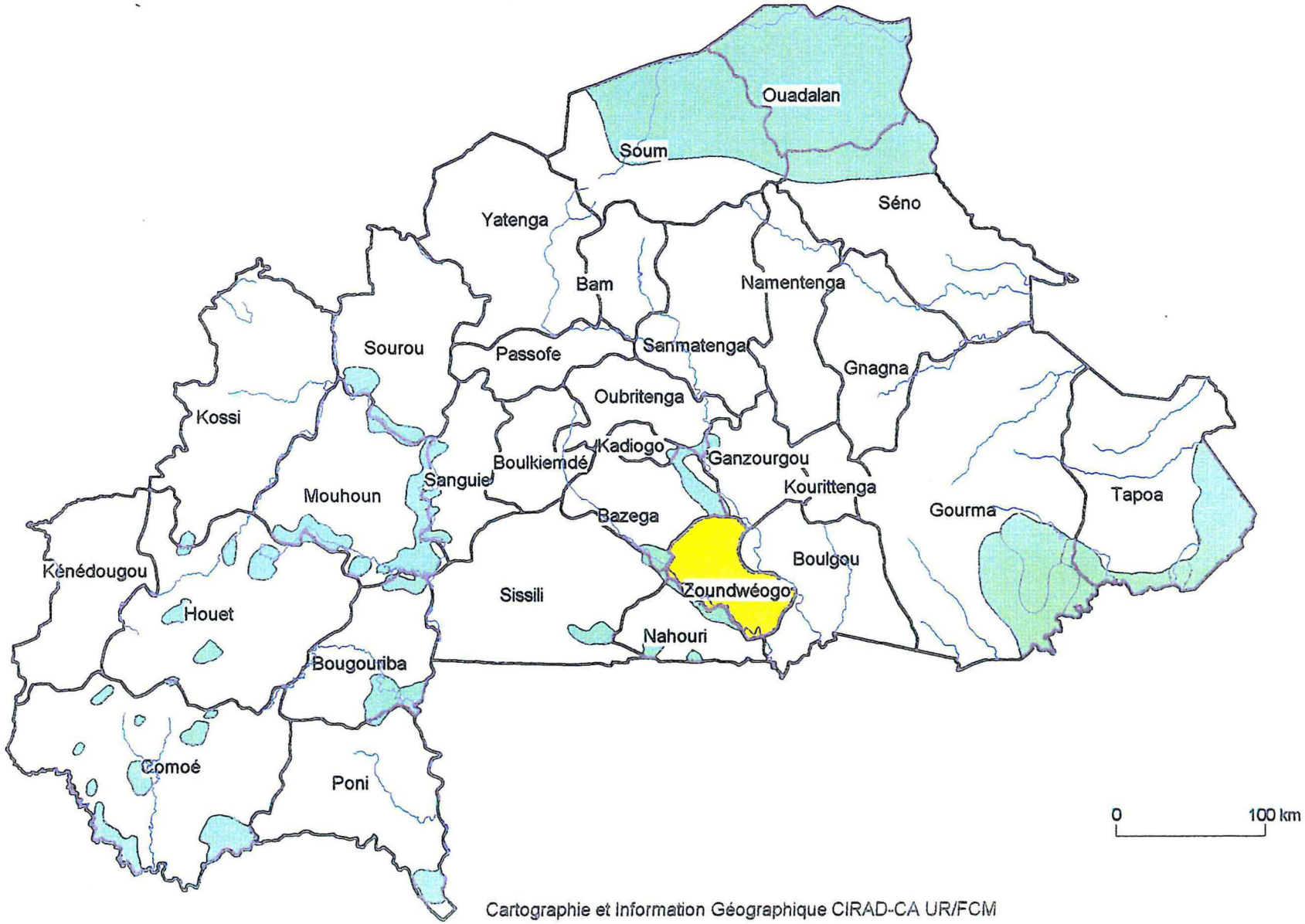
STRATES D'OCCUPATION DUSOL

Photo 2: OCCUPATION DU SOL TERROIR DE TIHOUGOU



APPLEUR-BUTTE ROCHE	APPLEUREMENT DE CUI	COORDON RIPICOLE
PARCELLE SABLEUSE	PLAN D'EAU TROUBLE	SAVANE ARBORE
SAVANE ARBUSTIVE	SAVANE DEGRADEE	SOL DENUDE OU DEGRA
ZONE D'ENGORGEMENT	ZONE GRAVILLONNAIRE	

Carte 10b: Burkina Faso, forêts classées, parcs et réserves.



Cartographie et Information Géographique CIRAD-CA UR/FCM

3. CARACTERISTIQUES DE THIOUGOU

3.1. HISTORIQUE DU VILLAGE DE THIOUGOU.

Le village a été créé à la fin du 19ème siècle par Ranèsanga, originaire de Manga à 30 km au nord ouest de Thiougou (zone très dégradée au nord-ouest de la scène entière: photo 1). Bambara (1993) rapporte que Ranèsanga quitta son village d'origine parce qu'il ne disposait plus suffisamment de terres cultivables pour subvenir aux besoins alimentaires de sa famille. Alors Ranèsanga, descendant princier de la famille du chef de Manga (le Manga-Naba), et sa famille de 35 personnes vinrent fonder Thiougou vers 1887. Ces descendants du Manga-Naba sont donc les autochtones de Thiougou. Malgré l'agrandissement de sa taille, la famille princière "boudou" est restée regroupée en deux quartiers très voisins: Natenga et Gontenga. Le chef de Thiougou est toujours un membre de cette famille.

Quelques trois décennies plus tard arriva un second groupe de migrants plus nombreux. Ils provenaient aussi des régions nord de Manga. Ils appartenaient à trois différentes familles ils formèrent aussi trois quartiers: Boulguin, Zangrezi, Bayaga.

La troisième vague de migrants est arrivée dans les années 80. Ce furent des éleveurs peulhs, originaires de Boulsa dans la zone climatique sub-sahélienne. Les raisons de leur venue étaient d'échapper à la sécheresse, au manque de pâturages et aux conflits agriculteurs-éleveurs.

Les derniers migrants sont arrivés en 1990 et 1991. Agriculteurs, ils sont aussi venus de la zone sub-sahélienne, plus précisément des Provinces du Sanmatenga et du Bam. Le doyen de ce groupe aime déclarer "L'année de notre émigration, j'ai récolté un seul épi dans mon champ à cause de la sécheresse. D'ailleurs mon champ était devenu un "Zipéllé"[1].

Le chef de Thiougou a installé les derniers immigrants à coté des peulhs dans un même quartier, le quartier de Tambi.

Ainsi, aussi bien les fondateurs, que les immigrants; agriculteurs mossi ou éleveurs peulhs tous sont venus en quête d'espace, de terres fertiles et d'une pluviosité plus favorable pour une agriculture ou un élevage moins aléatoires et plus productifs. Le cas de Thiougou est donc une confirmation du constat plus haut établi sur les causes des migrations.

---

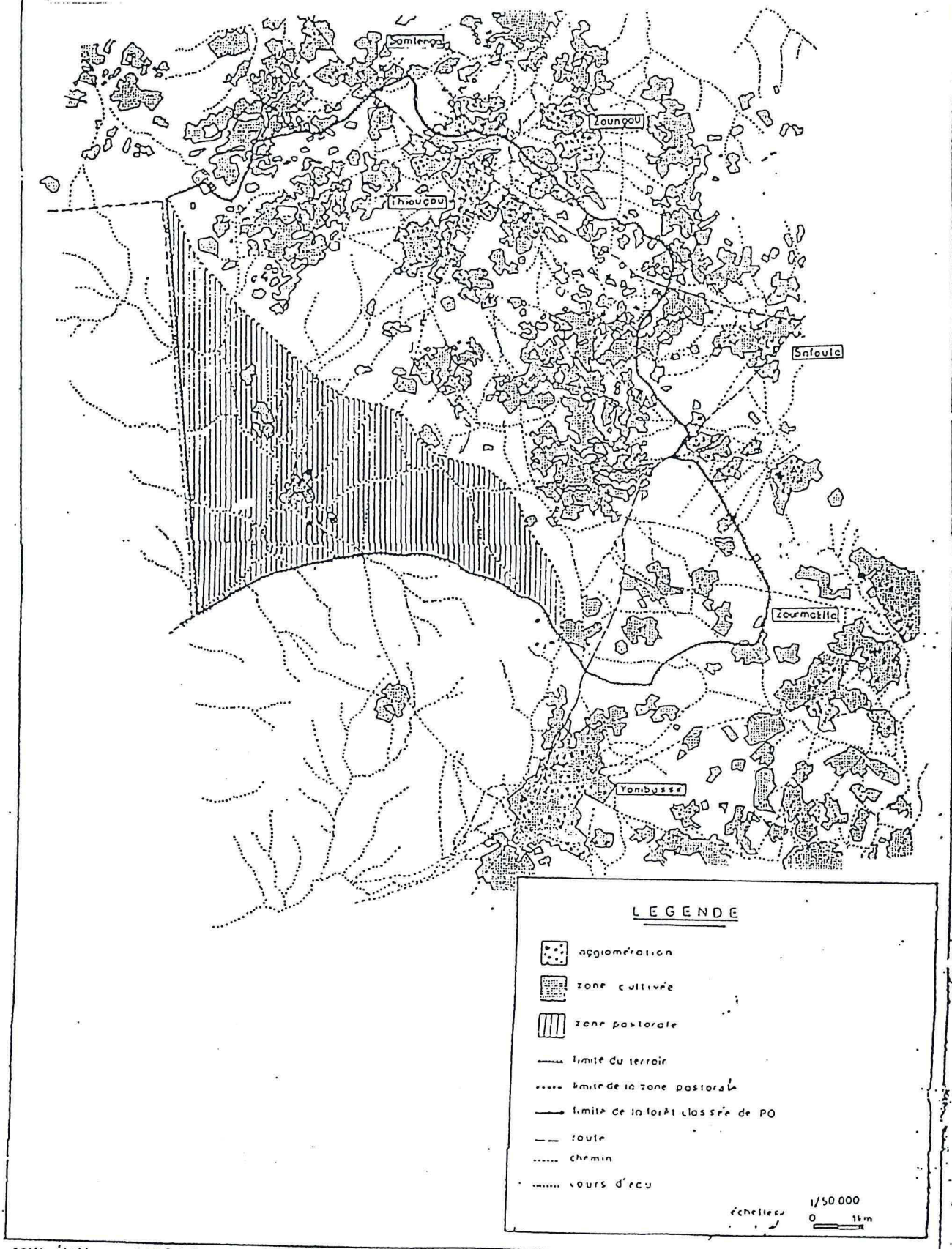
[1]zipéllé (en langue locale mossi) signifie clairière ou tache d'infertilité. Le zipéllé peut être localisé ou concerner toute la parcelle. Il représente le stade ultime de dégradation où plus rien ne pousse.

3.2 EVOLUTION DE L'OCCUPATION DE L'ESPACE

Le régime foncier est sous la gestion directe du chef du village. Il prend ses décisions, assisté par un conseil de vieux sages, tous issus de la famille princière. "Ce village est une case à une seule porte " nous a déclaré le chef dès le jour de notre arrivée dans le village. Ce qui signifie que tout se fait et se défait dans Thiougou sur instructions du chef et nul autre personne que lui. C'est donc lui qui a défini l'emplacement des quartiers pour les familles et autorisé l'ouverture des champs sur la savane arborée.

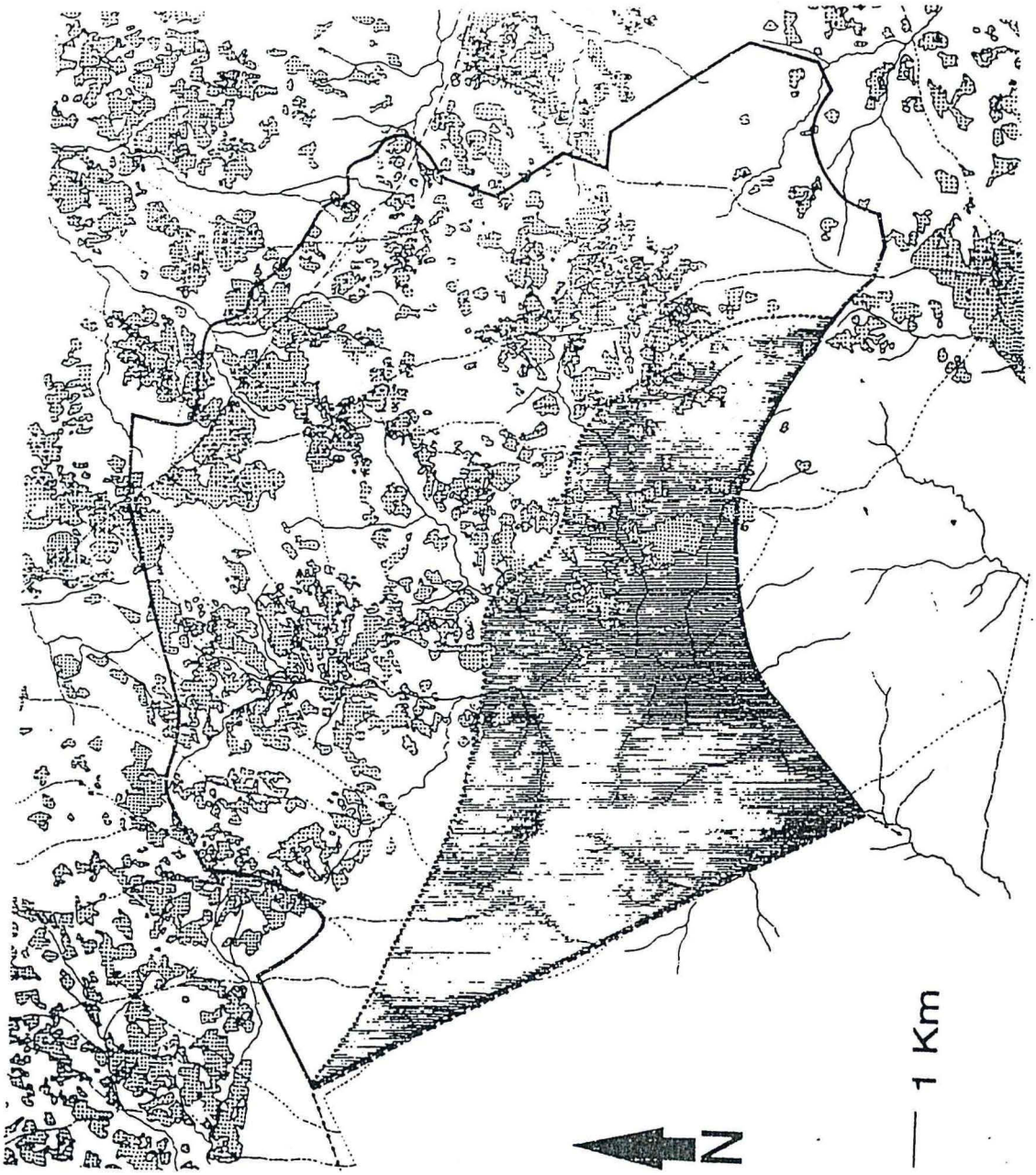
L'occupation de l'espace a évolué de façon très rapide surtout ces dernières années. En effet dans les années 80 (à l'arrivée des peulhs), les 8455 ha du finage ont été nettement répartis en deux zones: une zone pour l'élevage peulhs sur 2040 ha soit 24% du terroir et une zone agricole de 6415 ha soit 76% du terroir. En 1985, les champs occupaient 2000 ha (carte 11), en 1992, la surface cultivée est évaluée à 2960 ha (carte 12 a), soit une augmentation de 48 % en 7 ans (carte 12 b). Le terroir est en imminence de saturation foncière.

Carte 11: Carte d'ocupation agro-pastorale de Thiougou, 1985

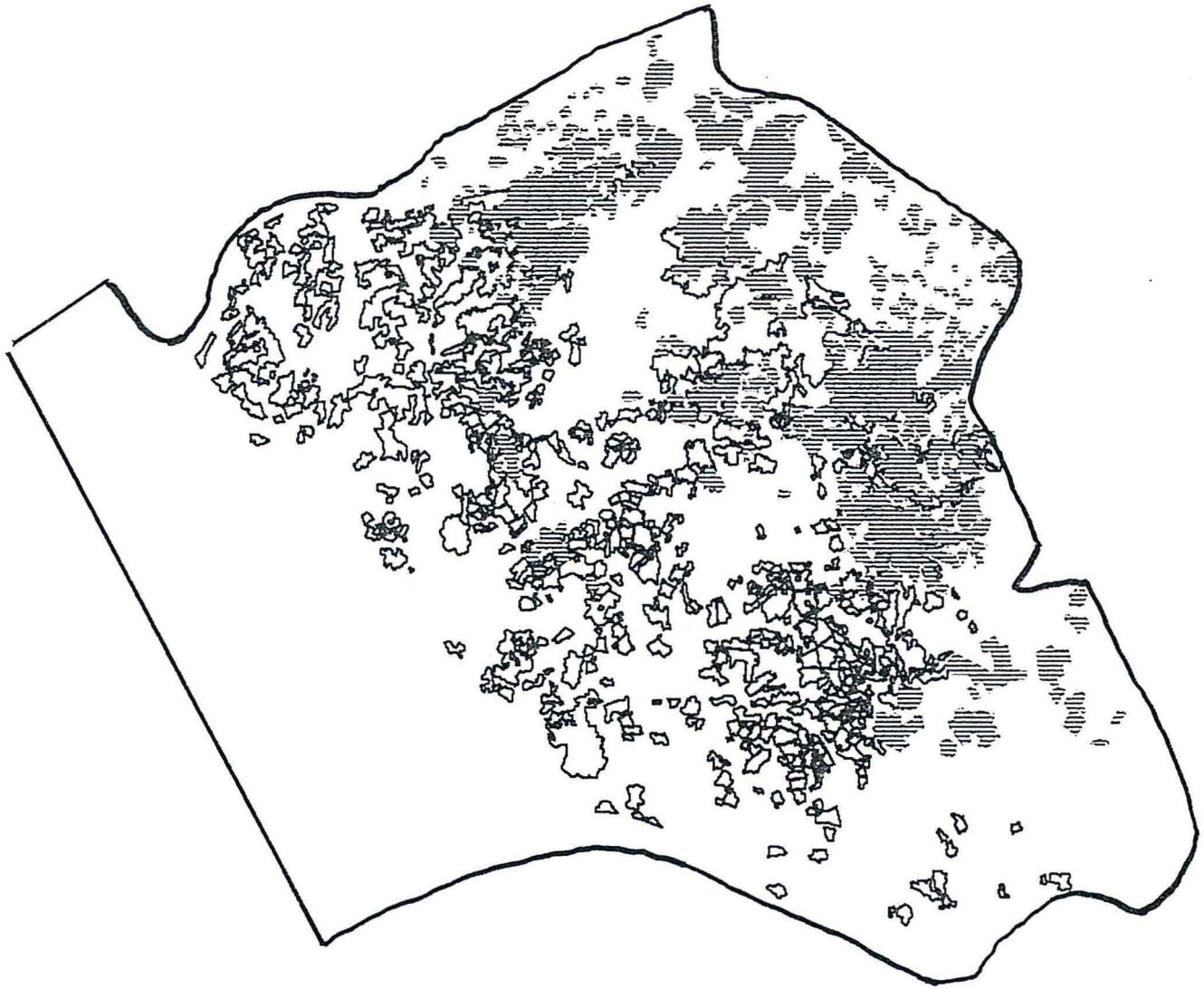


carte établie par SANOU Patrice Géographe/cartographe par DVO N° 7059 à 7062 ; 7039 à 7042 mission IGB 6506013 Tenkodogo.
INERA RSP CENTRE OUAGA 25 03 91

Carte 12 a:Occupation agricole du terroir de Thiougou en 1992.



Carte 12 b: Evolution de l'occupation agricole du terroir de Thiougou entre 1985 et 1992.



Evolution de l'occupation entre 1985 et 1992.

occupation 1985.

Km

0 2 4

CHAPITRE III:

LA DEMARCHE EXPERIMENTALE: UNE ETUDE EN MILIEU REEL SUR UNE CHRONOSEQUENCE D'AGE DE MISE EN CULTURE DES PARCELLES

Le village de Thiougou s'est donc développé peu à peu depuis une centaine d'année. Mais depuis deux décennies le flux migratoire s'est intensifié en raison de la dernière phase de sécheresse au Sahel. Le village du front pionnier a donc toute chance de présenter une chronoséquence d'âges de mise en culture qui permettra d'étudier l'évolution du sol après défrichement; chronoséquence est ici comprise comme une série de parcelles de durée d'exploitation croissante depuis la végétation naturelle (savane arborée non mise en valeur) jusqu'à la parcelle la plus anciennement cultivée. Mais pour que les diverses observations et les résultats soient comparables il convient que deux conditions soient faites: les parcelles doivent être situées sur le même type de sol; elles doivent être cultivées de la même manière.

1. LE CHOIX DU TYPE DE SOL

Plus haut, on a vu qu'il existait plusieurs types de sols au Burkina Faso. Pour mieux caractériser les sols du terroir de Thiougou une étude pédologique a été réalisée, elle a permis d'établir une carte au 1/20.000 (Guilllobez et Taonda,1993; carte 13 en annexe). La totalité du terroir n'a pu être couverte à cause de la législation forestière qui ne tolérait pas l'ouverture de fosses dans la forêt classée. Néanmoins par carottage à la tarière il a été vérifié que l'on avait les même types de sols dans la forêt.

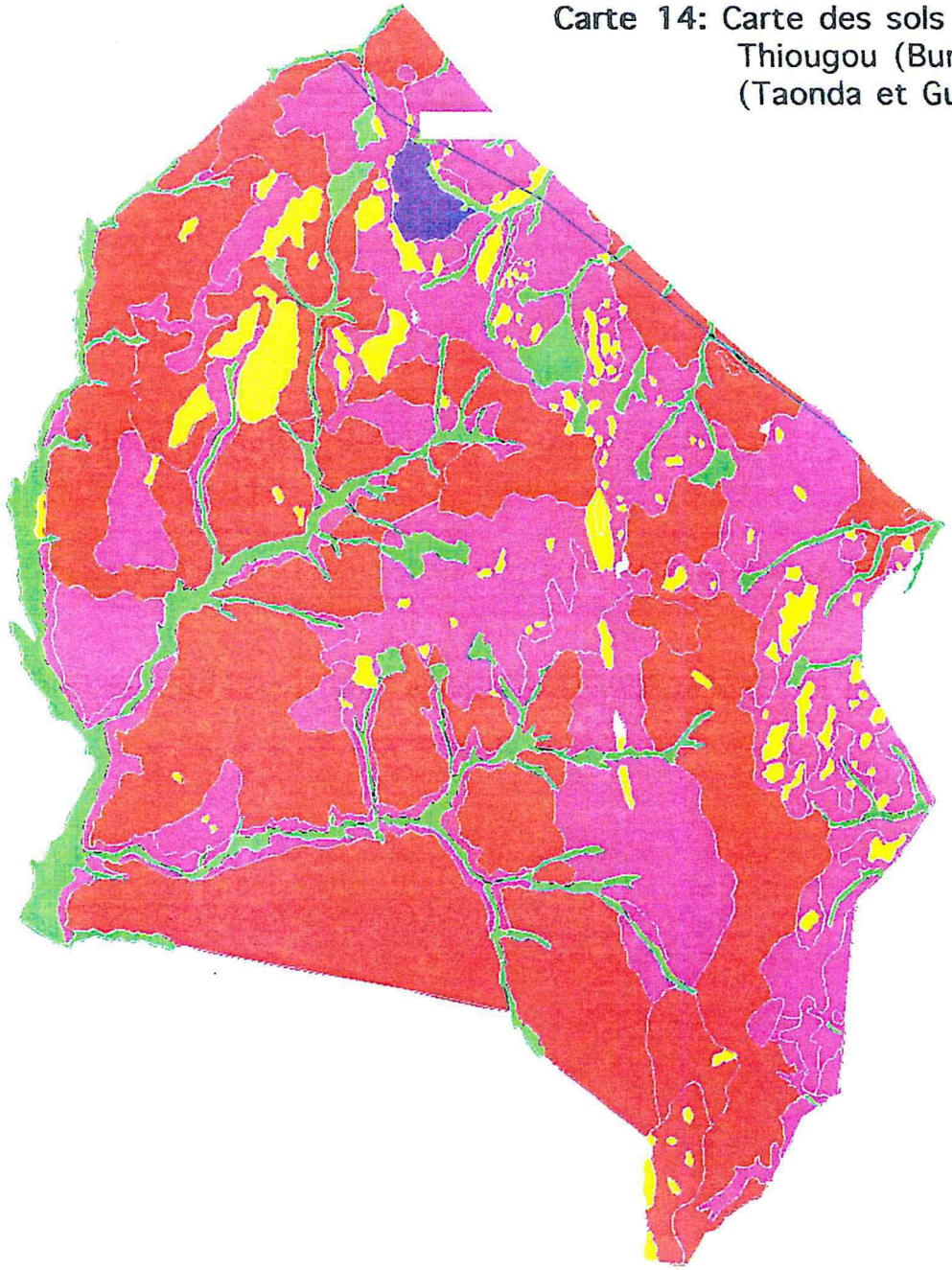
Cette carte met en évidence plus d'une dizaine de types de sols dans le terroir. L'examen approfondi permet de les répartir en 5 grands groupes (Taonda et *al.*, 1994; carte 14):

*le groupe 1 (en jaune) des Lithosols et sols associés. Ce sont des sols peu développés, de très faible profondeur; on les rencontre sur les buttes et les affleurements rocheux. Ils représente 4 % du terroir.

*le groupe 2 (en rose) des sols peu évolués d'apport ou d'érosion qui couvre 40% du terroir.

*le groupe 3 (en rouge) des sols ferrugineux tropicaux. C'est le groupe le plus important, il couvre 50% de la superficie du terroir.

Carte 14: Carte des sols de la zone de Thiougou (Burkina Faso) (Taonda et Guillobez, 1994)



Grands types de sols

- Lithosols et sols associés
- Sols peu évolués
- Sols ferrugineux tropicaux
- Sols à caractère vertique
- Sols hydromorphes

Km

0 1 2

*le groupe 4 des sols hydromorphes (en vert). Tous les sols développés dans les bas-fonds s'y retrouvent. Ce groupe occupe environ 5 % du terroir.

*le dernier groupe (en bleu) est le groupe des sols à caractère vertique, très peu représenté dans le terroir (1%).

En terme de superficie les sols ferrugineux tropicaux sont les plus importants à l'échelle de l'ensemble du terroir de Thiougou et du pays. Ce sont aussi des sols très cultivés. Aussi a-t-il a été décidé de conduire l'étude sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés.

2. CHOIX D'UN SYSTEME DE CULTURE ET D'UNE PRATIQUE AGRICOLE

2.1. LE CHOIX D'UN SYSTEME DE CULTURE

Un système de culture est un ensemble de modalités techniques mises en oeuvre sur des parcelles traitées de manière identique, défini par la nature des cultures et leur ordre de succession et les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures (Sebillotte et Meynard, 1990). Jouve (1989) précise qu'il s'agit d'un ensemble de parcelles faisant l'objet d'un mode d'exploitation relativement homogène et en particulier soumis au même type de succession culturale. Suivant ces deux définitions, trois systèmes de cultures ont pu être identifiés dans le terroir de Thiougou: les champs de case, les champs de village et les champs de brousse dont les caractéristiques essentielles sont résumées dans le tableau IV. 1.

Dans ce terroir comme ailleurs, les superficies exploitées en champs de brousse représentent au moins 8 fois les superficies cumulées des autres systèmes de culture. Elles assurent plus de 80 % de la production agricole. C'est donc de ce système de cultures que l'agriculteur tire l'essentiel de la satisfaction de ses besoins. L'importance de ce système de cultures nous a amené à nous y intéresser .

2.2. CHOIX D'UNE PRATIQUE AGRICOLE

Les itinéraires techniques mis en oeuvre dans les champs de brousse diffèrent d'un agriculteur à un autre en fonction de leur équipement en matière de culture attelée. On distingue ainsi 2 statuts d'agriculteurs: ceux qui sont équipés et ceux qui le sont pas. A l'instar des autres fronts pionniers, les agriculteurs de Thiougou avec un taux d'équipement de 60 % (RSP, 1991) sont plus fortement équipés que la moyenne nationale. Les agriculteurs disposent d'un matériel aratoire à traction bovine ou asine. Certains agriculteurs non équipés utilisent en réalité la culture attelée dans leurs

champs par le truchement des entraides mutuelles et des locations. De plus au Burkina comme un peu partout ailleurs dans la sous-région ouest-africaine, l'intensification de l'agriculture est de plus en plus à l'ordre du jour. Par ailleurs on considère que l'utilisation de la culture attelée à traction animale est une étape incontournable sur la voie de l'intensification. C'est pour cela que, dans la chronoséquence, seuls les champs soumis à la culture attelée ont été retenus de manière à ce que l'effet de la diversités des pratiques agricoles ne viennent pas se surimposer aux effets de la seule ancienneté de la mis en culture.

Ainsi après avoir raisonné notre choix il restait à retrouver sur le terrain les champs remplissant ces deux critères. L'établissement d'un plan cadastral s'est avéré indispensable.

3. ETABLISSEMENT D'UN PLAN CADASTRAL

Les couvertures aériennes révèlent le parcellaire. Aussi pour le plan cadastral nous nous sommes basés sur l'établissement d'une couverture aérienne au 1/20.000 (en 1992) qui agrandie au 1/10.000 a été utilisée sur le terrain pour recenser les champs de Thiougou. Ce recensement portait sur: les champs, les jachères et l'âge de mise en culture. Le travail a été fait en compagnie de personnes du terroir. Ensuite une assemblée générale du village a amendé, confirmé et validé les informations fournies par les personnes ressources du terroir qui accompagnaient l'équipe pluridisciplinaire de relevé cadastral. Ainsi, on a pu établir avec une assez grande fiabilité un "plan cadastral" du terroir (en annexe). A l'issue de ce travail de cartographie, toutes les informations étant réunies , la chronoséquence pouvait être enfin définie.

4. DEFINITION DE LA CHRONOSEQUENCE DANS LE TERROIR

En somme les parcelles devaient remplir trois principaux critères et deux critères secondaires.

Les critères principaux étaient les suivants:

1) être un champ de brousse (source de la plus grande production agricole)

2) être situées sur l'unité de sol la plus représentée au Burkina c'est à dire les sols ferrugineux tropicaux. Ce critère a été affiné en se limitant seulement au sols ferrugineux lessivés profonds (modaux). La raison est la relative bonne valeur agricole de ces sols profonds. En effet, ils ne présentent pas de contraintes, notamment physiques (carapace), à la pénétration racinaire (figure III.1).

3) être travaillées en culture à traction bovine ou ovine depuis l'ouverture du champs.

Les deux critères secondaires se sont imposés d'eux mêmes du fait que nous travaillions en milieu réel. Il s'agissait de:

4) l'accessibilité de la parcelle en toute saison (au moins en deux roues).

5) la volonté manifeste de l'agriculteur propriétaire de la parcelle à collaborer franchement avec l'équipe de recherche.

Au total, 51 parcelles remplissaient les critères. Leur âge variait de 0 à 17 ans. Les 51 parcelles ont été finalement divisées en deux groupes: un premier groupe baptisé "parcelles de caractérisation" et un deuxième groupe que nous avons appelé "parcelles de contrôle" deux notions dont nous donnons la définition au premier paragraphe du chapitre suivant.

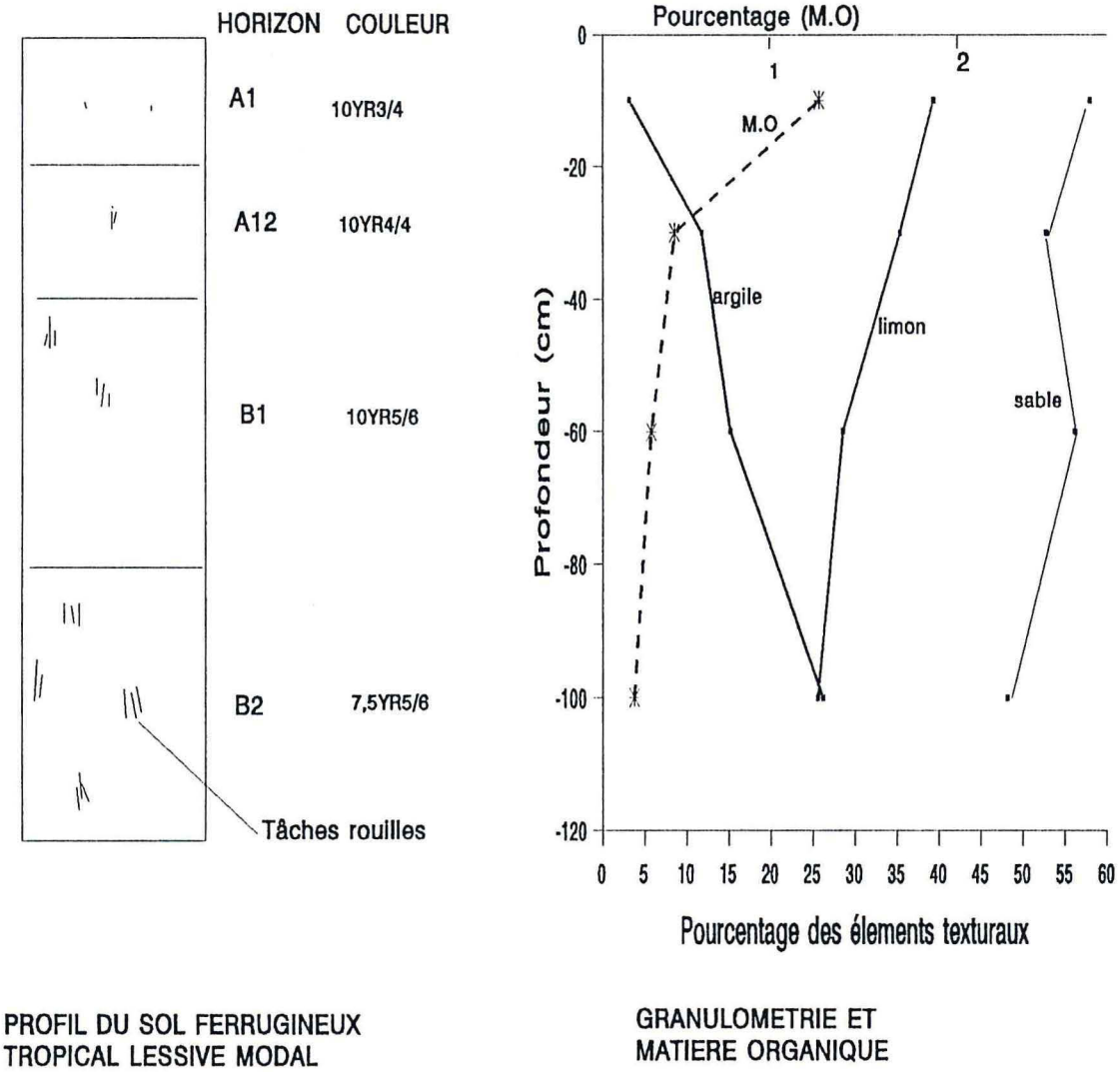


Figure III.1: Profil type du sol ferrugineux tropical modal

CHAPITRE IV:

LA SAISIE DES VARIABLES

1. PARCELLES DE CARACTERISATION ET PARCELLES DE CONTROLE

Les 51 parcelles qui constituent la chronoséquence ne pouvaient être toutes suivies de la même manière en raison de la charge de travail que cela aurait entraîné. Aussi avons nous distingué des parcelles dites de "caractérisation" où nous avons concentré nos actions et des parcelles dites de "contrôle" où nous avons limité nos mesures à celles de la productivité et où nous avons procédé à diverses observations.

1.1. LES PARCELLES DE CARACTERISATION

Toutes les analyses et mesures de propriétés physico-chimiques ont été effectuées sur les échantillons de sol provenant de ces parcelles. C'est aussi sur ces sols qu'ont été implantés des tests de productivité du sorgho avec un itinéraire technique bien précis. Et sur ces parcelles, par un encadrement très rapproché assuré par l'équipe de recherche elle-même, les agriculteurs partenaires ont été amenés à respecter, dans la conduite des tests, un protocole expérimental préétabli. L'objectif était de pouvoir mettre en évidence des liens entre les résultats des analyses physico-chimiques et les variables de productivité de ces sols, toutes conditions étant égales par ailleurs. Le nombre de 18 parcelles a été retenu compte tenu du souci de pouvoir efficacement assurer l'encadrement rapproché des agriculteurs partenaires afin de disposer de résultats fiables. Mais pour diverses raisons pratiques le nombre de parcelles dont les variables ont pu être exploitées varie de 12 à 18 suivant les variables considérées.

1.2 LES PARCELLES DE CONTROLE

Sur les parcelles de contrôle, il n'a pas été effectué d'analyses physico-chimiques. Seuls les test de productivité du sorgho ont été installés. Mais la grande différence avec les parcelles de caractérisation réside dans le fait que ces tests sont conduits dans les conditions réelles des exploitations paysannes en vraie grandeur. Deux précautions ont été prises pour rendre les résultats comparables: l'agriculteur devait utiliser la même variété de sorgho que celle utilisée sur les parcelles de caractérisation et la date de semis ne devait pas être significativement différente (intervalle d'une semaine) de celle adoptée pour les parcelles de caractérisation. En dehors de ces deux

Tableau IV.1: échantillons prélevés et analysés.

Age	Profond en cm	nombre d'échant.	Age	Profond cm	nombre d'échant.
0	0-20	3		0-20	1
	20-40	1	6	20-40	0
	40-60	0		40-60	0
	0-20	2		0-20	1
1	20-40	2	7	20-40	1
	40-60	1		40-60	1
	0-20	2		0-20	1
2	20-40	2	9	20-40	1
	40-60	2		40-60	0
	0-20	1		0-20	1
3	20-40	0	12	20-40	0
	40-60	0		40-60	0
	0-20	1		0-20	1
4	20-40	1	15	20-40	0
	40-60	1		40-60	0
	0-20	3		0-20	1
5	20-40	3	17	20-40	1
	40-60	3		40-60	1

recommandations, l'agriculteur conduisait librement sa culture, empruntant les itinéraires techniques qui lui convenaient. Nous devions alors nous contenter de suivre et noter tous les événements survenant sur la parcelle et saisir les différentes variables concernant la productivité. L'idée sous-jacente était d'infirmer ou de confirmer en milieu parfaitement réel les résultats et conclusions qui seraient obtenus sur les parcelles de caractérisation. Ces parcelles étaient au nombre de 33.

2. L'ECHANTILLONNAGE DANS LES PARCELLES DE CARACTERISATION

les prélèvements ont été réalisés dans chaque parcelle de caractérisation en trois endroits. Ainsi, pour chaque parcelle et par niveau, un échantillon composite a été obtenu en mélangeant les trois prélèvements. Au total 38 échantillons ont été analysés correspondant au tableau IV.1.

C'est sur ces échantillons, correspondant tous à des sols ferrugineux tropicaux lessivés, qu'ont été effectuées les différentes analyses physico-chimiques évoquées aux paragraphes suivants.

3. MESURES DES PROPRIETES CHIMIQUES

Le tableau 2 inventorie les différentes analyses chimiques effectuées et précise les méthodes utilisées.

Tableau IV 2: méthodes d'analyses chimiques

Analyses	Méthodes
C total	Walkley-Black
N total	Kjeldhal
P total	colorimétrie à 430 nm en présence de vanadomolybdate
P extractible	Bray I
Bases échangeables	Playsier (1978)
CEC	Playsier (1978)
pH eau et pH KCl)	en suspension avec électrode en verre dans une solution de rapport sol/solution = 1/2.5

4. MESURES DES PROPRIETES PHYSIQUES

Les analyses qui ont été réalisées étaient: la granulométrie, la densité apparente, les taux d'humidité aux différents pF. Les mesures effectuées sur le terrain en parcelles expérimentales ont été: le ruissellement et de rugosité. Les méthodes utilisées dans les analyses de laboratoire sont consignées dans le tableau IV.3

tableau IV.3: méthodes d'analyses des propriétés physiques en laboratoire

Analyses	Méthodes
analyse granulométrie	méthode internationale (pipette Robinson)
Texture	triangle international
Densité apparente	méthode des cylindres
Taux d'humidité aux différents pF	presse à membrane sur échantillons remaniés tamisés à 2 mm
Profils hydriques en cours de campagne	prélèvement à la tarière, 3 répétitions pour chaque niveau, séchage à l'étuve à 105°C.

Quant aux mesures sur le terrain elles se sont effectuées de la manière suivante:

* **La rugosité** a été évaluée par la méthode de Kuipers (1957). Elle consiste à faire épouser les aspérités du sol par des tigelles portées par un simple bâti maintenu horizontal. On mesure les longueurs des tigelles par rapport à la base du bâti L'opération est répétée n fois. Par convention, l'indice de rugosité est 100 fois le logarithme décimal de l'écart-type des longueurs mesurées. Nous avons utilisée cette méthode avec une modification INERA (Guillobez et Zougmoré, 1991) où on ne considère que l'écart-type des longueurs mesurées; de plus, l'indice de rugosité d'un site est censé être caractérisé par la moyenne de trois répétitions.

Les premières mesures ont été effectuées immédiatement après le buttage, les autres ont été faites entre les événements pluvieux.

* **Le ruissellement** a été mesuré sur des parcelles de 1 m^2 délimitées par des lames de tôles ancrées dans le sol. L'eau de ruissellement est amenée et stockée dans un

récipient à ciel ouvert. Le rapport hauteur d'eau ruisselée sur précipitation (mesurée sur chaque site) donne le coefficient de ruissellement.

***L'état de surface:** selon Casenave et Valentin (1989) un état de surface peut être une surface élémentaire, la juxtaposition de plusieurs, ou un système de surfaces élémentaires, c'est à dire un ensemble, au sein du quel jouent des interactions. Le terme de surface élémentaire désigne à un instant donné, un ensemble homogène constitué par les éléments du milieu suivants:

-couvert végétal,

-la surface du sol,

-les organisations pédologiques superficielles qui, ont subi des transformations, sous l'effet des facteurs météorologiques, fauniques ou anthropiques.

De nombreux travaux mettent en évidence le rôle important des organisations superficielles sur le comportement des sols vis-à-vis de l'eau (infiltration et ruissellement).

Pour caractériser l'état de surface, sur chaque parcelle, nous avons choisi et fixé deux transects de 20 m. Puis après environ un cumul de 150 mm de pluie après le sarclage on est relever, tous les 10 cm, les surfaces élémentaires présentes. Ces relevés permettent de quantifier les pourcentages de "surface ouverte", de "surface fermée" et de "surface couverte".

La "surface ouverte" regroupe l'ensemble des traces d'activités biologiques, les fissures, les mottes de diamètres supérieur à 1 cm, le sable libre sans (pellicule).

La "surface fermée" peut être : une pellicule de battance, une croûte de sédimentation ou un caillou inséré dans une pellicule.

Le pourcentage de surface couverte représente le recouvrement total dû à la culture (canopée), aux adventices et à la litière. Son complément à 100 donne le pourcentage de sol nu directement soumis à l'impact des pluies.

5. TESTS DE PRODUCTIVITE

5.1. PLANTE-TEST

Sur les parcelles de caractérisation comme sur les parcelles de contrôle, des tests de productivité ont été implantés avec le sorgho ICS1049 (genre Caudatum), (INERA, 1986). Cette variété a été choisie pour sa sensibilité à la fertilité du sol et sa bonne

réponse aux pratiques culturales (INERA, 1990), l'idée étant de pouvoir établir une corrélation entre la productivité et les propriétés physico-chimiques du sol des parcelles portant les cultures.

5.2. CONDUITE DES TESTS; MESURES ET OBSERVATIONS SUR LES PARCELLES DE CARACTERISATION.

La dimension de chaque parcelle était d'au moins 500 m^2. La parcelle était située en plein champ du paysan loin des sources d'hétérogénéité comme les arbres, les termitières etc. L'ensemble des parcelles a été semé dans un intervalle d'une semaine pour assurer l'homogénéité des dates de semis. En se référant aux pratiques agricoles utilisées dans le terroir et à la fiche technique du sorgho ICSV 1049, l'itinéraire technique suivant a été retenu dans le protocole :

* traitement des semences au fongicide,

* scarifiage avec les dents réversibles ou avec "les pattes d'oie" et billonnage avec une distance inter billon de 70 cm,

* semis sur les billons à un écartement entre poquets de 40 cm: soit une densité de semis de 35700 pieds/ha,

* sarclage 2 semaines après le semis et désherbage manuel à la demande jusqu'à la maturité,

* buttage 6 à 7 semaines après semis,

* gardiennage contre les oiseaux dès le début de la formation du grain,

* récolte dès maturité sans laisser sécher sur pied.

Les variables de productivité ont été mesurées conformément au tableau ci-après.

Tableau IV.4: variables mesurées

Date après semis	variables mesurées
10 jours	pourcentage de levée
50 jours (montaison)	hauteur des plantes
100 jours	hauteur des plantes; évaluation de la biomasse racinaire par la méthode de sondage au cylindre jusqu'à 60 cm de profondeur (méthode Charreau et Nicou, 1971).
120 jours	récolte des carrés (au moins 5 carrés de 25 m^2) de rendement puis séchage et battage. Après la récolte, on a enregistré le poids des tiges; des panicules; du grain et de 1000 grains. Les données ont été ramenées à l'hectare.
N.B: à tout moment	tout événement survenant sur la parcelle est noté.

5.3. SUIVI DES PARCELLES DE CONTROLE

Les parcelles avaient des dimensions variables allant de 0,1 à 0,8 ha. La variété de sorgho et les dates de semis étaient les mêmes que celles des parcelles de caractérisation. Il n'y avait pas d'itinéraire technique déterminé. Il s'agissait surtout de suivre l'agriculteur, de noter les caractéristiques de son champ et les interventions culturales réalisées sur les parcelles.

Les mesures ont concerné les variables relatives à la productivité du sorgho: la hauteur des plantes à maturité; le rendement en grain (et le poids de 1000 grains); la productivité en racines, en paille, et en panicule.

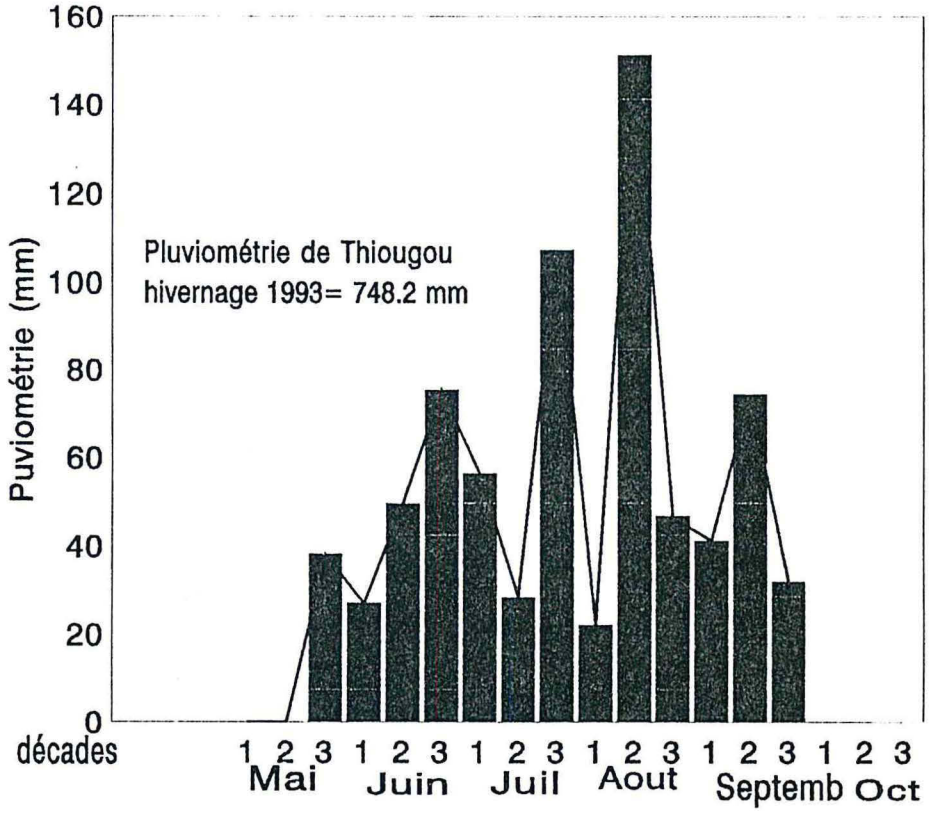
Les observations ont porté sur l'agroforesterie (espèce d'arbres épargnées et surtout à quelle densité); les manifestations visibles de dégradation physique du sol (présence de rigoles ou de taches d'infertilité); le précédent cultural; le degré d'infestation par les adventices tout le long de la campagne; la position du champ sur la toposéquence.

5.4. PLUVIOMETRIE DE LA CAMPAGNE 1993.

En plus des pluviomètres, à coté de chaque dispositif de ruissellement, trois pluviomètres de référence étaient installés par groupe de parcelles voisines dans un rayon de 500 m. Les cumuls pluviométriques enregistrés entre ces pluviomètres n'étant pas significativement différents nous en avons pris la moyenne (fig IV.1). Le cumul

pluviométrique (740 mm) est proche de la moyenne de pluviosité depuis les deux dernières décennies (figure IV.2).

Figure Iv.1: pluviométrie de Thiougou 1993.



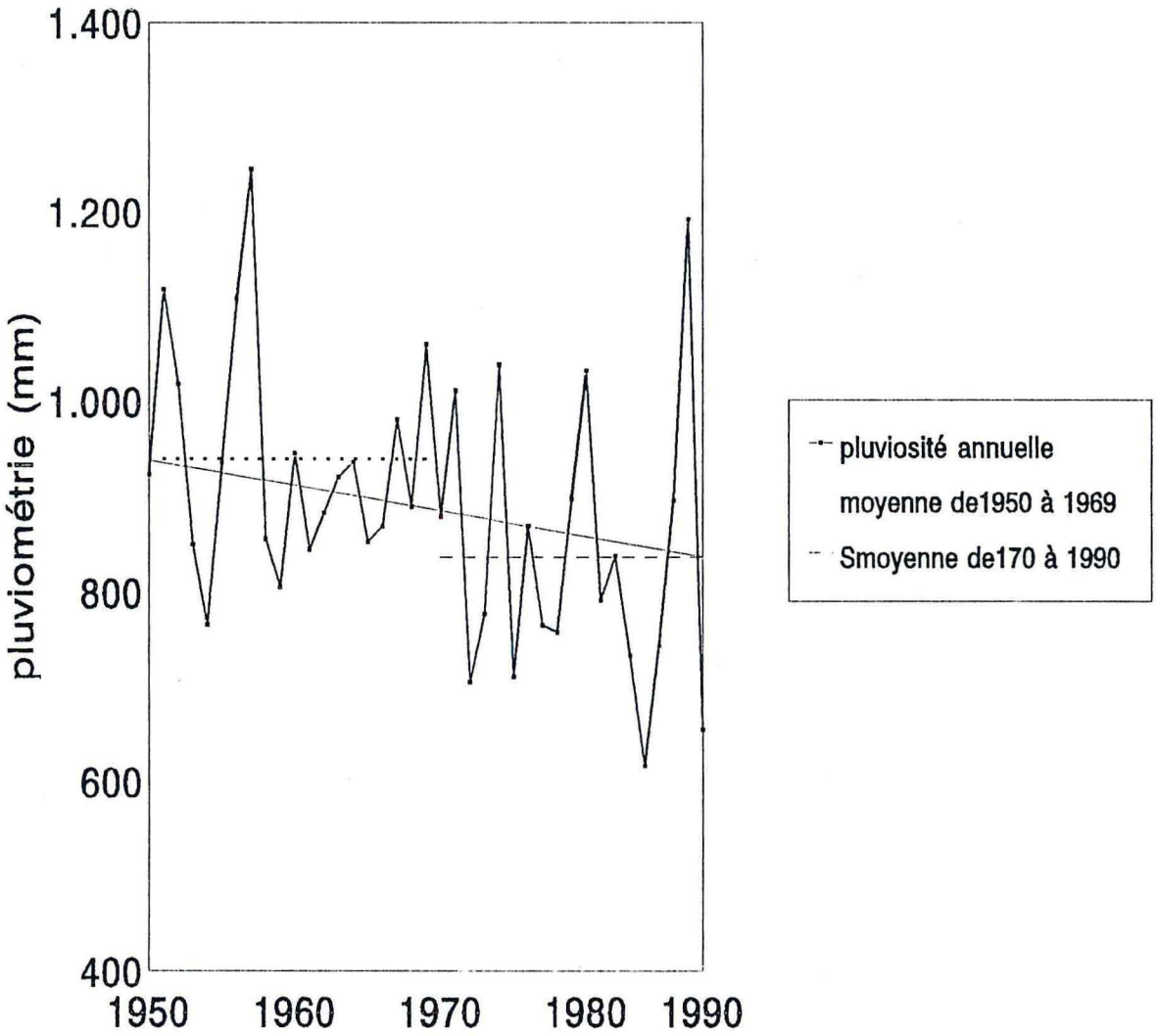


Figure IV.2: Variation de la pluviosité de Thiougou depuis 1950.

PARTIE III:

RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE V:

EVOLUTION DES PROPRIETES CHIMIQUES ET PHYSIQUES DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SOUS CULTURE

INTRODUCTION

Dans la synthèse bibliographique il est ressorti que la mise en culture des terres s'accompagnait de profondes modifications physico-chimiques des sols. Il s'agit dans ce chapitre d'étudier l'évolution, dans les conditions réelles de l'agriculture locale, des propriétés des sols et de mettre en évidence les facteurs qui gouvernent cette évolution.

Les modifications s'exprimant le mieux dans l'horizon 0-20 cm (Feller, 1994), nous privilégierons cet horizon au cours de cette étude sur l'évolution des propriétés chimiques et physiques des sols sous la contrainte de la mise en valeur pour la production agricole.

1. RESULTATS

1.1. EVOLUTION DES PROPRIETES CHIMIQUES

1.1.1. TAUX DE MATIERE ORGANIQUE ET D'AZOTE TOTAUX

A partir des résultats d'analyses en annexe nous avons établi le tableau des moyennes par âge de mise en culture et par horizon (tableau V.1). Ce tableau montre que sur l'ensemble des parcelles étudiées, le taux de matière organique (M.O) du sol est faible, même dans les horizons de surface 0-20 cm. Ce taux est généralement inférieur à 1%. Les valeurs les plus élevées sont observées sous végétation naturelle où elles sont proches de 1%. On constate que sous végétation naturelle, les teneurs en M.O de l'horizon 0-20 cm sont environ le double de celles de l'horizon 20-40 cm. La figureV.1 ci-après révèle une chute très rapide du taux de M.O suivant une fonction exponentielle décroissante par rapport à la durée de la mise en culture. Le coefficient r2 (0.61) est hautement significatif. Six (6) à huit (8) ans après la mise en culture le taux de matière organique est réduit à la moitié (0.5%) du taux originel. Après cette

Tableau V.1: Moyenne par âge et par niveau du taux de matière organique, azote total, phosphore total, phosphore extractible.

Age (ans)	Prof. (cm) (cm)	M.O. (%)	N.total (‰)	P.total (mg/kg)	P.extractible (mg/kg)
0	0-20	0,95	0,37	49	3
	20-40	0,5	0,17	40	0,9
	40-60	*	*	*	*
1	0-20	0,8	0,41	60	2,4
	20-40	0,42	0,21	54	1,1
	40-60	0,43	0,21	56	0,9
2	0-20	0,56	0,27	75	2
	20-40	0,38	0,16	57	1,1
	40-60	0,23	0,12	64	0,8
3	0-20	0,6	0,31	*	*
	20-40	*	*	*	*
	40-60	*	*	*	*
4	0-20	0,86	0,15	63	0,5
	20-40	0,43	0,16	49	1,4
	40-60	0,22	0,13	64	0,5
5	0-20	0,45	0,27	66	1,5
	20-40	0,4	0,18	67	0,9
	40-60	0,51	0,17	67	0,6
6	0-20	0,5	0,26	*	*
	20-40	*	*	*	*
	40-60	*	*	*	*

Tableau V.1: Moyenne par âge et par niveau du taux de matière organique, azote total, phosphore total, phosphore extractible.(suite).

Age (ans)	Prof. (cm) (cm)	M.O. (%)	N.total (‰)	P.total (mg/kg)	P.extractible (mg/kg)
7	0-20	0,64	0,29	60	1,6
	20-40	0,33	0,17	49	0,9
	40-60	0,29	0,17	49	0,3
9	0-20	0,4	0,22	71	1,4
	20-40	0,4	0,16	71	0,9
	40-60	0,62	0,19	85	0,5
12	0-20	0,41	0,24	*	*
	20-40	*	*	*	*
	40-60	*	*	*	*
15	0-20	0,29	0,27	*	*
	20-40	*	*	*	*
	40-60	*	*	*	*
17	0-20	0,59	0,29	78	2,3
	20-40	0,4	0,26	64	0,9
	40-60	0,71	0,16	71	0,7

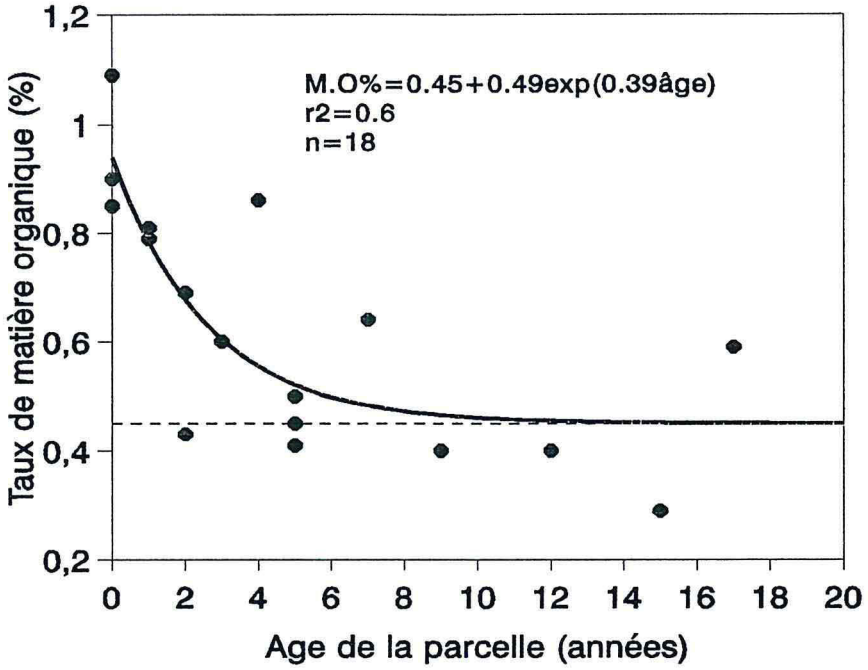


Figure V1: Evolution du taux de matière organique en fonction de l'âge des parcelles.

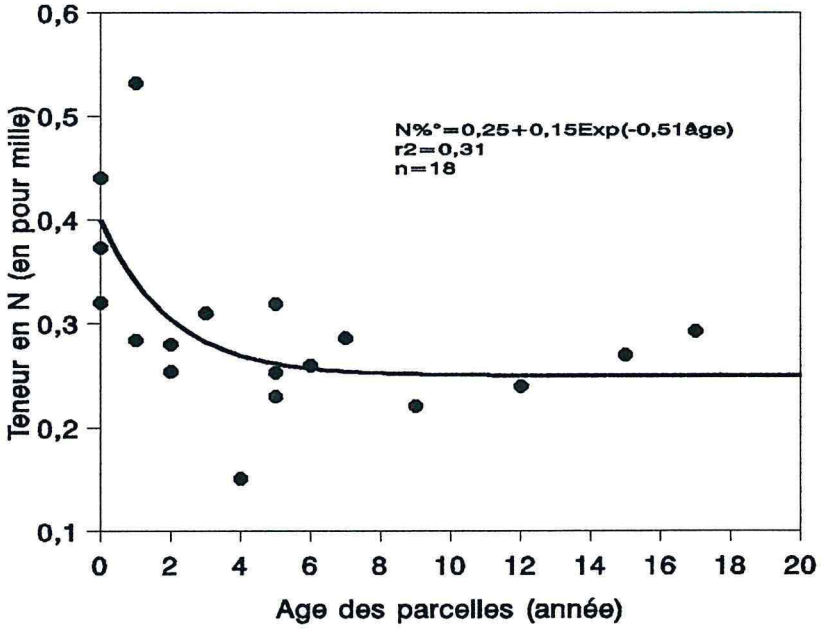


Figure V.2: Evolution de la teneur en azote total en fonction de l'âge des parcelles.

période, la baisse de matière organique est beaucoup plus lente. La courbe d'évolution admet une asymptote vers 10 ans de culture céréalière continue. Ce qui signifierait qu'après ce temps de culture le taux de M.O du sol se stabiliserait à un seuil minimum situé autour de 0.45 %, qui pourrait constituer une limite inférieure même si l'exploitation de la parcelle se poursuivait pendant une plus longue période. En fait en l'absence de restitutions organiques, il est probable que le taux continuera de diminuer. La fraction organique résiduelle, bien que très stable, fait l'objet d'une biodégradation lente par la microflore du sol.

La teneur en azote total (N) de l'ensemble des parcelles étudiées est très faible et (inférieure à 1‰). L'évolution du taux d'azote est similaire à celle du taux de matière organique. On constate aussi une tendance à la baisse de la teneur en azote selon une fonction exponentielle décroissante par rapport à l'âge de la défriche (figure V.2).

Le coefficient de détermination r2 (0.31) est significatif au seuil 5%. la variabilité des valeurs observées s'explique par le fait que les observations sont effectuées à partir d'un dispositif en vraie grandeur où les sources de variation sont nombreuses (hétérogénéité des sols, pratiques culturales, topographie..). Après 6 à 8 ans de mise en culture, comme pour la matière organique, un palier parait atteint. Cette évolution est similaire à celle de la matière organique.

1.1.2. EVOLUTION DU PHOSPHORE TOTAL ET DU PHOSPHORE EXTRACTIBLE

La teneur en phosphore total ne dépasse pas 70 mg/kg en moyenne dans l'horizon 0-20 cm (tableau.V.1). Cette teneur est très faible d'après les références données par Dabin (1963), qui pour des teneurs en N inférieures à 1‰ considère que le seuil de carence est de 100 mg/kg de P total. En revanche, cette teneur du P total ne semble pas être affectée par la durée de culture (FigureV.3). Cette teneur présente une grande variabilité pour les parcelles jeunes qui a tendance à s'estomper avec l'âge de la mise en culture.

Le sol est faiblement pourvu en P extractible. Avec la mise en culture, la teneur du P extractible diminue nettement. De 3 mg/kg sous végétation naturelle, elle chute de moitié aux environs de 1,5 mg/kg au bout de 4 à 5 ans de culture. L'évolution du P extractible dans l'horizon 0-20 cm semble suivre, comme pour l'azote total et la matière organique, une fonction exponentielle en fonction de l'âge des parcelles (figureV.4)

En admettant un risque statistique de 7%, justifié par les conditions d'observation in situ, la corrélation est significative. Les deux premières années de mise en culture, la teneur du P extractible dans l'horizon 0-20 cm est plus que le double de celle de l'horizon 20-40 cm (tableau V.1).

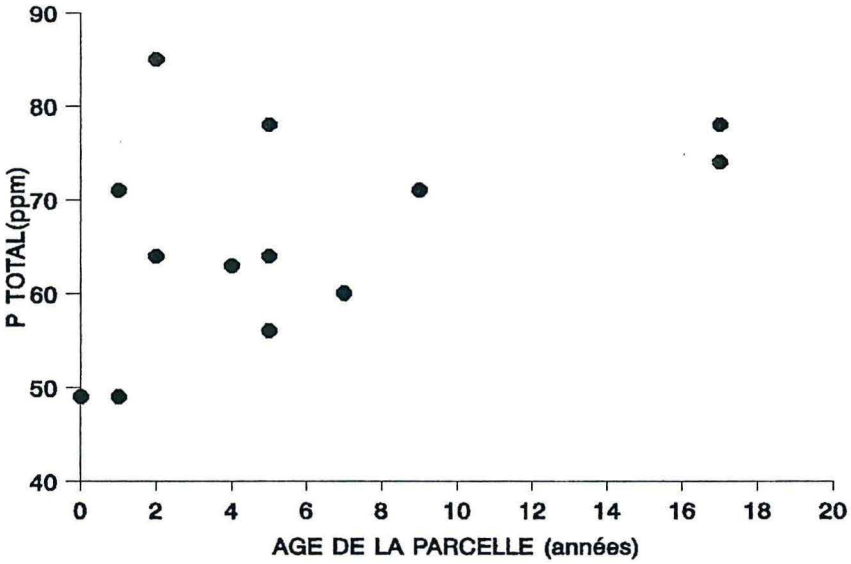


Figure V.3: Relation entre le Phosphore total de l'horizon Ap et l'âge des parcelles

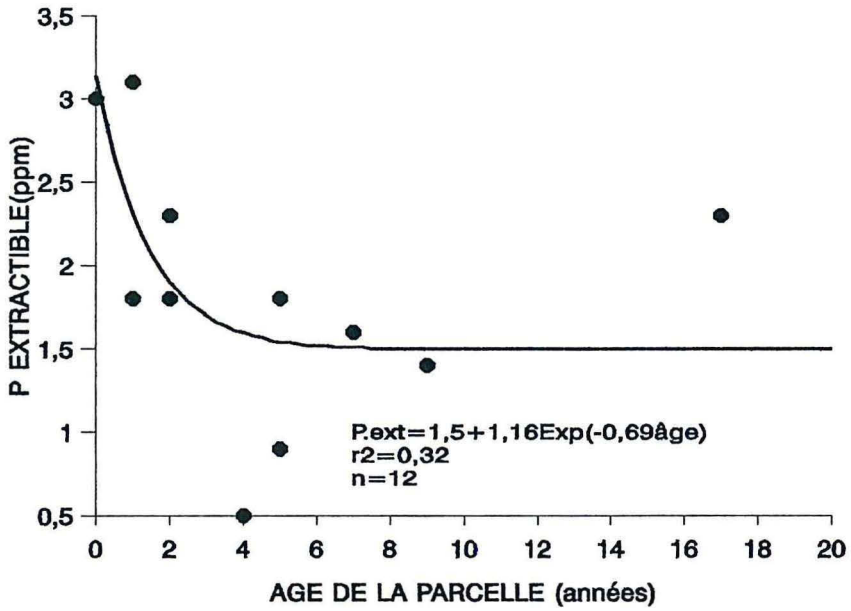


Figure V.4: Evolution du phosphore extractible en fonction de l'âge des parcelles

1.1.3. EVOLUTION DE LA CEC, DE LA TENEUR EN BASES ECHANGEABLES ET DU pH

Les sols des parcelles ont une capacité d'échange (CEC) très faible en relation avec la faible teneur en matière organique et en argile. L'examen des résultats concernant cette variable (tableau V.2) permet de classer les parcelles en deux groupes:

-un premier groupe composé des parcelles sous végétation naturelle et des parcelles nouvellement défrichées pour lesquelles la CEC de l'horizon 0-20 cm est nettement supérieure à celle de l'horizon 20-40 cm, le rapport de la CEC de l'horizon 0-20 cm sur la CEC de l'horizon 20-40 cm est supérieur à 2;

-un second groupe correspondant aux plus anciennes parcelles de la chronoséquence où les CEC dans les différents horizons ne sont pas significativement différentes.

Le constat fait pour la CEC est aussi valable pour la somme des bases échangeables. Dans aucune parcelle la CEC n'est saturée. Le taux de saturation est au maximum de 72% pour les parcelles sous végétation naturelle, puis il a tendance à décroître. Une exception toutefois, avec les parcelles de 7 ans pour lesquelles un taux de 86% est observée probablement lié à la variabilité.

Le pH dans l'horizon 0-20 cm est voisin de la neutralité dans le sol sous végétation naturelle (pH = 6,7). Avec la mise en culture, il s'abaisse devenant faiblement acide puis moyennement acide. Vers 7 ans d'exploitation le pH est fortement acide (pH = 5,3). Les parcelles de 9 et 17 ans ne confirment toutefois pas cette tendance, apparemment sans rapport avec le taux de saturation (figure V.5). En revanche, l'acidité totale, traduite par le pH_{KCl} décroît très rapidement, pH 6,3 pour les parcelles d'âge 0, puis 6,1 après 1 an et ensuite stabilisation à environ pH 5,6. Ce paramètre est tout à fait en relation avec le taux de saturation de la CEC.

1.2. EVOLUTION DES PROPRIETES PHYSIQUES

1.2.1. TEXTURE ET DENSITE APPARENTE

La texture de l'ensemble des parcelles de la chronoséquence est limono-sableuse (triangle USDA)(tableau V.3). Le taux d'argile des horizons de surface ne dépasse pas 10%. D'une manière générale le taux d'argile augmente avec la profondeur tandis que le taux de sable diminue indiquant que les sols sont du type ferrugineux tropical appauvri. Si l'on observe la teneur en argile de l'horizon 20-40 cm, on constate qu'elle varie peu en fonction de la parcelle, indiquant la bonne homogénéité de la chronoséquence, justifiant ainsi les choix effectués.

Tableau V.2: Moyenne par âge et par niveau de la somme des bases échangeables, CEC, du taux de saturation, du pHeau et du pHkcl.

Age (ans)	Prof. (cm)	Bases (meq/ 100 g)	CEC (meq/ 100 g)	Sat. Base (%)	pH eau p(molar)	pH KCl p(molar)
0	0-20	2,67	3,73	72	6,7	6,3
	20-40	0,96	1,71	56	5,7	4,8
	40-60	*	*	*	*	*
1	0-20	2,77	3,98	66	6,3	6,1
	20-40	1,36	2,10	64	5,4	4,9
	40-60	1,98	2,51	79	4,9	4,7
2	0-20	1,83	3,36	54	6,2	5,8
	20-40	1,30	3,22	41	5,3	4,6
	40-60	1,63	3,52	49	5,2	4,3
4	0-20	2,42	3,92	62	5,8	5,8
	20-40	2,18	4,89	45	4,9	4,7
	40-60	1,34	1,49	90	4,4	4,2
5	0-20	1,52	3,46	44	5,7	5,5
	20-40	1,63	3,52	48	5,0	4,4
	40-60	1,28	3,12	41	4,9	4,4
7	0-20	1,53	1,78	86	5,3	5,4
	20-40	1,34	2,67	50	4,2	4,1
	40-60	1,65	2,92	56	4,0	4,0
9	0-20	1,78	3,64	49	6,4	5,7
	20-40	1,24	1,78	70	5,7	4,3
	40-60	1,27	2,37	54	4,8	3,9
17	0-20	2,07	4,28	48	6,4	5,7
	20-40	2,14	3,85	55	5,0	5,0
	40-60	1,42	3,46	41	6,6	5,1

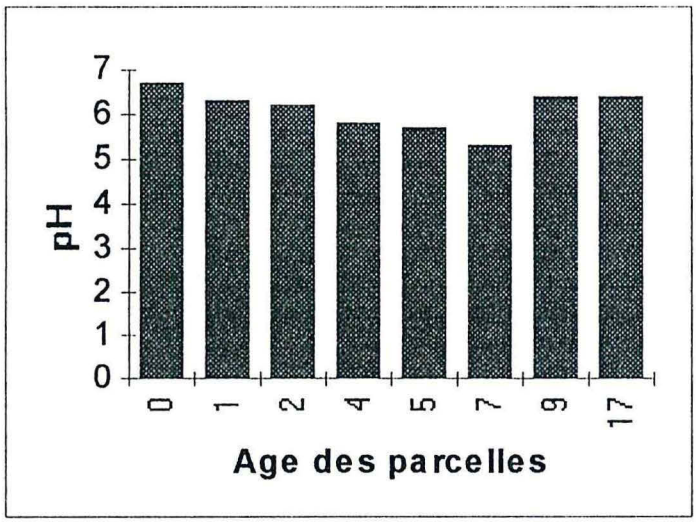


Figure V.5: Evolution du pH des sols étudiés en fonction de l'âge des parcelles.

Cette différence texturale entre les horizons de surface et les horizons de profondeur a tendance à s'accentuer au fur et à mesure que la parcelle prend de l'âge. En effet le taux d'argile a tendance à diminuer dans l'horizon Ap.

La densité apparente moyenne est de 1.56. C'est une valeur habituellement observée pour ces types de sol. La densité apparente augmente parallèlement à l'argile. Pour tous les sols minéraux ne renfermant pas plus de 3% de matière organique on peut adopter 2,6 comme densité réelle (Demolon, 1960). La porosité peut donc être déduite à partir de la densité apparente. Dans les horizons de surface 0-20 cm, la porosité la plus élevée s'observe sur les parcelles de 2 ans de culture (tableau V.3), passant de 40% dans les parcelles sous végétation naturelle à 45%. Ensuite, la porosité revient à la valeur initiale. Il est probable toutefois que l'arrangement de la structure a évolué durant la culture et qu'il ne s'agit pas du même type de porosité.

1.2.2. EVOLUTION DE L'ETAT DE SURFACE

L'état de surface du sol, au sens de Casenave et Valentin (1989) a été étudié après un cumul pluviométrique de 150 mm depuis la dernière opération culturale (sarclage). Le tableau V.4 présente l'essentiel des résultats obtenus.

Tableau V.3: Moyenne par âge et par niveau de quelques caractéristiques physiques des sols étudiés

Age (ans)	Prof (cm)	Texture (USDA)	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	DA g/ml	Porosite (%)	Hum.PF2,5 (%)	Hum.PF 3,0 (%)	Hum 4,2 (%)
0	0-20	L	51	39	10	1,56	40	11,1	6,9	
	20-40	LS	55	34	11	1,55	40	10,2	7,4	
	40-60	*	*	*	*	1,6	38	*	*	*
1	0-20	LS	53	37	10	1,5	42	12,1	7	
	20-40	LS	54	35	11	1,53	41	11,2	6,8	
	40-60	L	49	34	17	1,6	38	14,9	18	
2	0-20	LS	59	34	7	1,44	45	10,3	4,8	
	20-40	LS	58	33	9	1,45	44	10	5,6	
	40-60	LS	54	31	15	1,57	40	13,4	7,9	
4	0-20	LS	57	36	7	1,47	43	9,9	5,7	
	20-40	LS	58	34	8	1,57	40	11,5	5,8	
	40-60	LS	57	34	9	*	*	11,7	5,2	
5	0-20	LS	58	34	8	1,53	41	11,8	5,4	
	20-40	LS	57	34	9	1,58	39	11,3	6,7	
	40-60	L	50	33	17	*	*	14,4	8,8	
7	0-20	LS	55	37	8	1,57	40	10,5	6,4	
	20-40	LS	55	34	11	1,67	36	11,3	6,5	
	40-60	L	49	28	23	*	*	16,1	10,7	
9	0-20	LS	63	29	8	1,5	42	9	5,5	
	20-40	LS	61	28	11	1,56	40	11,1	7,7	
	40-60	LAS	48	27	25	1,61	38	18,3	14,6	
17	0-20	L	51	40	9	1,56	40	9,9	6,2	
	20-40	L	48	40	12	1,56	40	13,9	7,6	
	40-60	L	45	37	18	1,65	37	14,9	9,1	

Tableau V.4: Evolution de l'importance de l'activité biologique et des pellicules en fonction de l'âge des parcelles.

Age des parcelles (ans)	Activité biologique (surface ouverte) (%)	Pellicules (surface fermée) (%)
0	3,8	0
1	5,3	0
2	3,2	9,1
4	2,7	10
5	10,7	4,6
7	0,2	13,7
9	0,5	8,7

Dans les jeunes parcelles (0 à 2 ans), l'activité biologique est relativement importante, tandis que les croûtes superficielles sont quasiment inexistantes. Sur les anciennes parcelles, l'activité biologique est très faible (1%) et les croûtes sont plus importantes (environ 10%). Un tel état de surface aura certainement des conséquences sur les propriétés physiques comme le ruissellement et l'infiltration. La mise en culture s'accompagne donc d'une diminution de l'activité biologique et, parallèlement, d'un encroûtement notable de la surface du sol. Il faut souligner le cas de la parcelle d'âge de 5 ans qui présente une activité biologique forte et un encroûtement plus faible que les parcelles d'âge plus jeune (2 ans).

La formation des croûtes est liée avec un autre paramètre descriptif de l'état de surface, celle de la rugosité. Au cours du cycle cultural, la rugosité de surface diminue après les façons culturales. Si nous désignons par Ro l'indice de rugosité en début de campagne et Rf l'indice de rugosité en fin de campagne, la quantité.

$$[(Ro-Rf)/Ro]*100$$

est un estimateur sans biais de la baisse de la rugosité au cours d'une campagne. Conventionnellement nous appellerons cet indice, indice structural superficiel (**ISS**). On note que l'ISS augmente très rapidement dans les 5 premières années de mise en culture puis se stabilise autour de 15. L'ISS évolue selon une fonction exponentielle

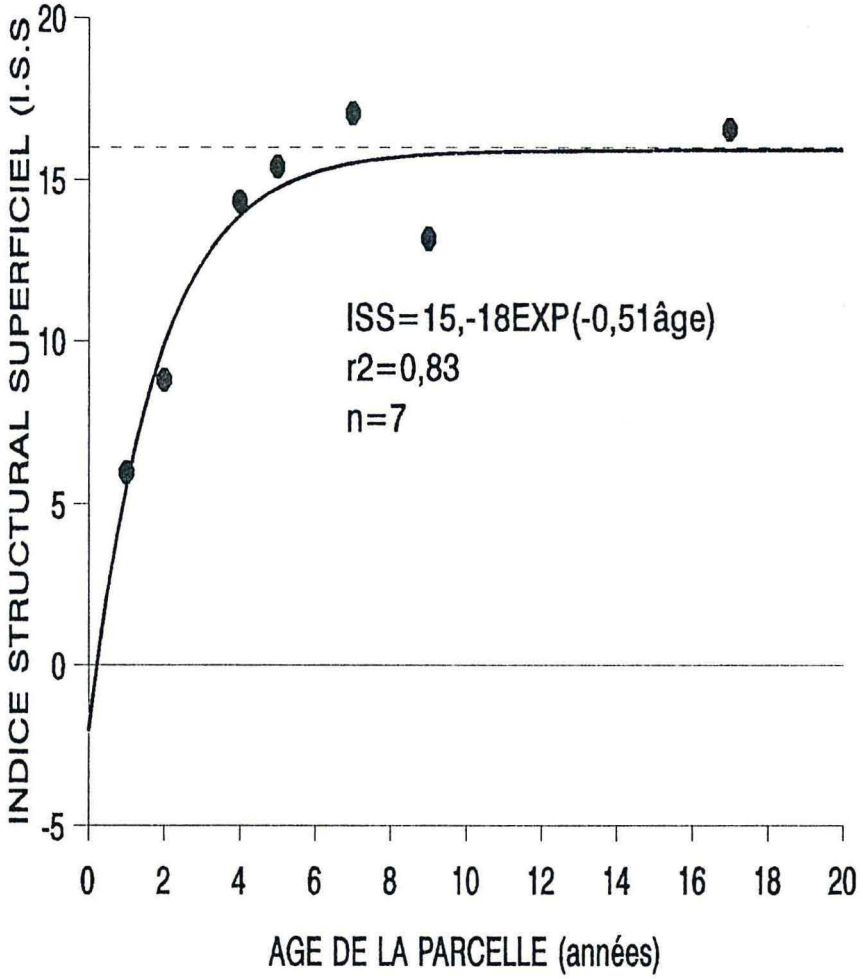


Figure V.6: Evolution de l'indice structural superficiel en fonction de l'âge des parcelles.

par rapport à l'âge de mise en culture des parcelles (Figure V.6). La régression est hautement significative (r2= 0.83).

1.2.3. EVOLUTION DU COMPORTEMENT HYDRIQUE DES PARCELLES

Avec les données recueillies sur les parcelles de mesures du ruissellement on a pu établir pour chaque parcelle une figure exprimant les hauteurs de ruissellement en fonction des hauteurs d'eau de chaque averse du cycle cultural pour les deux cas extrêmes: végétation naturelle de savane arborée et 17 ans de culture continue (figure. V.7).

Plus l'averse est importante plus la hauteur d'eau ruisselée est grande mais, sur les parcelles d'ancienne défriche, les hauteurs ruisselées augmentent plus rapidement que sur les parcelles nouvellement cultivées dès que les averses dépassent 20 mm.

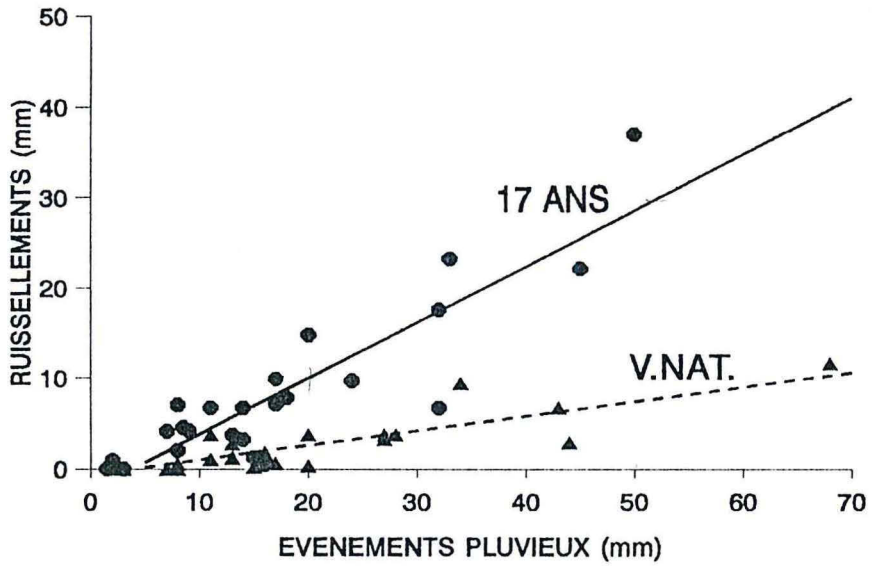
La figure V.8 présente le ruissellement cumulé en fonction de la pluie cumulée.

Elle confirme que, entre les parcelles de la chronoséquence existent de grandes différences de ruissellement à l'occasion des épisodes pluvieux importants (exemple: pluie de 68 mm). Sous végétation naturelle, le ruissellement est limitée (13% de l'eau de pluie). Sur les anciennes parcelles de 17 ans de culture continue, il atteint 41 % (figure V.9). L'effet du sarclage et du buttage est nettement perceptible par les ruptures de pente dans le profil du ruissellement cumulé, diminuant fortement le ruissellement. La parcelle âgée de 9 ans se comporte comme celle de 17 ans jusqu'à l'intervention de l'évènement "68 mm". La même observation peut être faite en comparant les parcelles 0 et 1 an. Ainsi, il faut attendre une pluie d'intensité suffisante pour révéler l'évolution de l'état structural du sol sous l'influence de la mise en culture.

Le coefficient de ruissellement augmente en fonction de l'âge des parcelles suivant une fonction de type exponentielle par rapport à l'âge de mise en culture. La régression est significative (r2=0.60) (figure V.9).

L'eau de pluie qui tombe, ruisselle ou s'infiltre. Ruissellement et infiltration sont donc complémentaires. La moyenne pluviométrique de la région tend (depuis la dernière décennie) vers 800 mm . A partir des coefficients d'infiltration et de cette moyenne de 800 mm on peut donc obtenir les quantités moyennes d'eau infiltrée.

L'évolution du coefficient de ruissellement suit une fonction exponentielle; alors l'infiltration suit aussi une fonction exponentielle décroissante (Figure V.10).



(1): Ruissellement=0,17Pluie-0,64 r2=0,74
(2): ruissellement=0,57Pluie-0,66 r2=0,74

Figure V.7:Ruissellements observés en fonction des évènements pluvieux pour 2 situations agronomiques contrastées: parcelle cultivée depuis 17 ans (points) et parcelle sous végétation naturelle (triangles).

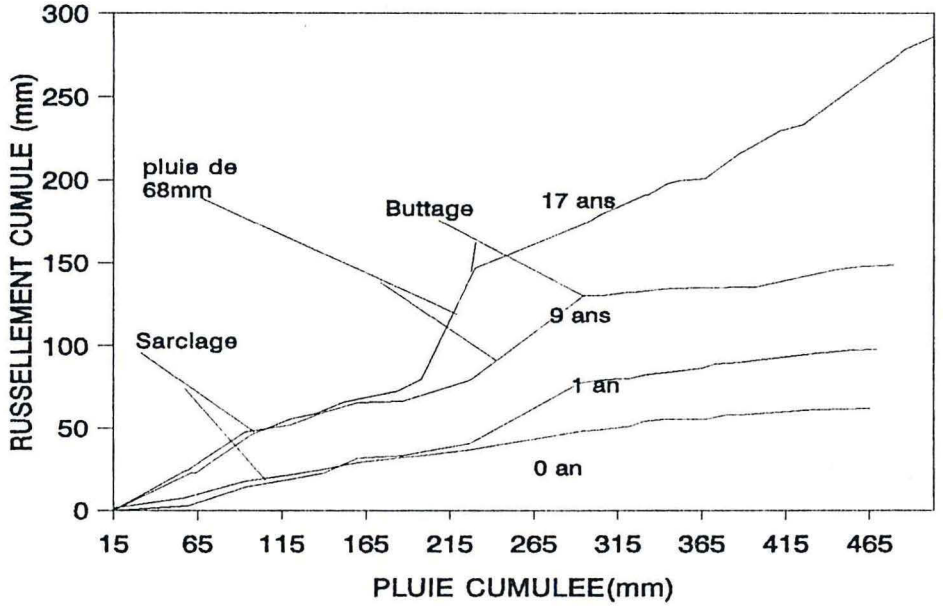


Figure V.8: Ruissellement cumulé en fonction de la pluie cumulée.

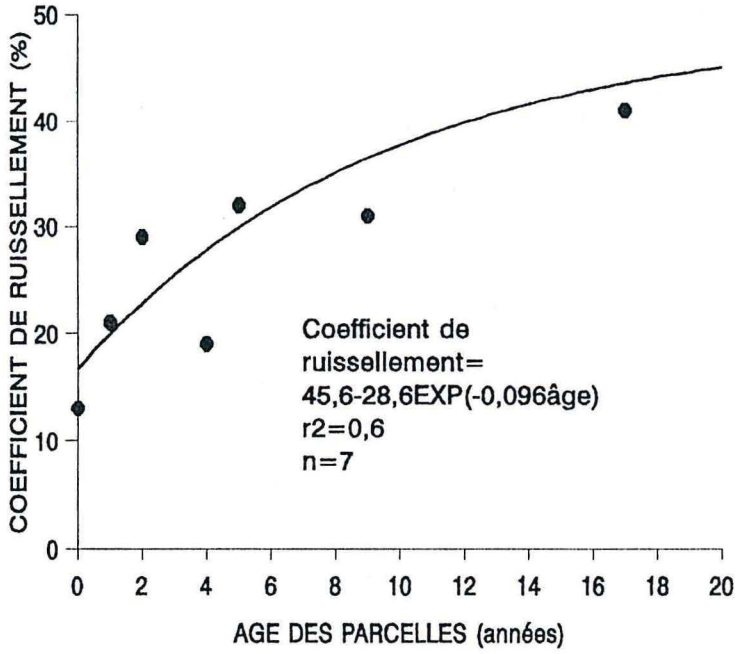


Figure V.9: Evolution du coefficient de ruissellement en fonction de l'âge des parcelles.

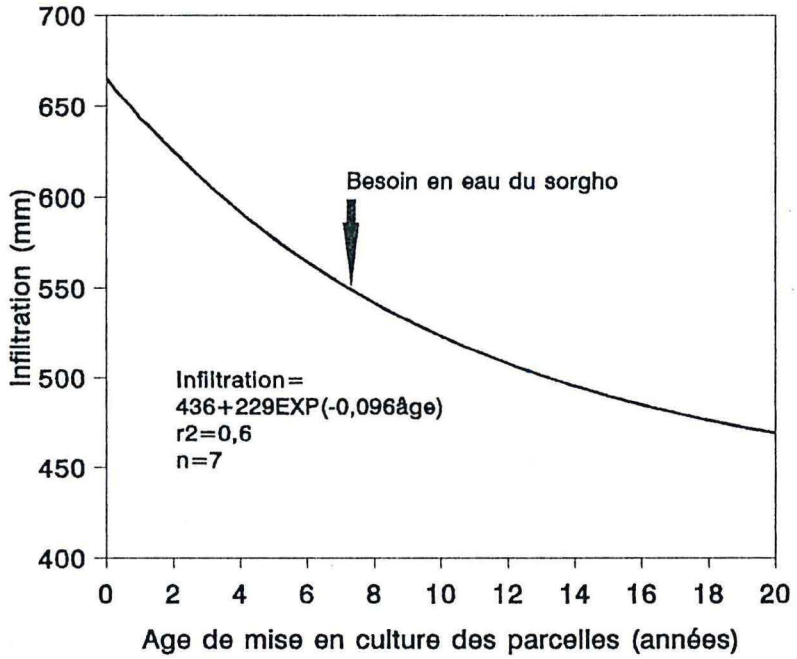


Figure V.10: Evolution de l'infiltration en fonction de l'âge des parcelles (pour une pluviométrie de 800 mm).

On note qu'après 8 ans de culture continue la quantité d'eau infiltrée passe en dessous du seuil critique des besoins hydriques du sorgho estimés à 550 mm dans la zone.

2. DISCUSSION

Nous avons constaté que les sols ferrugineux de Thiougou, comme la plupart des sols tropicaux présentent une faible teneur en argile, un fort taux de sable dans l'horizon 0-20 cm. Les teneurs en matière organique et en azote et la capacité d'échange cationique sont peu élevées (Nye et Greenland, 1960; Bertrand et *al* , 1972; Charreau, 1972; Pichot et *al.*, 1974; Sanchez, 1976).

La mise en culture des terres provoque généralement une baisse très rapide du taux de matière organique du sol (Nye et Greeland, 1960; Moureaux, 1965; Greeland, 1970; Siband, 1972; Feller, 1977; Pichot et *al.*, 1981, Sedogo, 1981 et 1993; Pieri, 1989, Hien, 1990; Badiane, 1993; Kambiré, 1993). Nos données montrent que le front pionnier de Thiougou n'échappe pas à ce phénomène extrêmement rapide de consommation du carbone organique.

Dans une première période de 6 à 8 ans le taux de matière organique chute très rapidement à la moitié de sa valeur initiale soit une perte moyenne annuelle de 7 à 8%, taux, comparable à celui de 6,3% obtenu par Pieri (1989) à partir des travaux de Hien (1990) en zone cotonnière de l'ouest Burkina. Cette forte décroissance du taux de matière organique s'explique par plusieurs facteurs relatifs au milieu physique et aux pratiques agricoles qui suivent la mise en culture.

Les facteurs relatifs au milieu physique

Les conditions de températures élevées (28° en moyenne) et d'humidité en saison de pluie sont des catalyseurs du processus de minéralisation (Fauck et *al.*, 1969; Feller, 1977). Par ailleurs, dans notre cas, le caractère sableux du sol avec un très faible taux d'argile, accélère la cinétique de dégradation de la matière organique (Feller et al., 1983; Feller et *al.*,1991).

L'effet des pratiques culturales.

Les résidus de récolte sont exportés pour des besoins domestiques d'énergie et d'alimentation des animaux de trait (Sedogo, 1981, Kambiré 1993, Badiane 1993) et le reliquat est brûlé en début de saison de pluies pour lutter contre les adventices (destruction des semences) (Bambara, 1993; Sanon, 1993). A Thiougou, comme dans la plupart des champs de brousse, le faible taux de restitution organique concourt à diminuer fortement le stock de matière organique dans le sol.

La pratique d'une monoculture céréalière (mil et sorgho) dans le terroir (Sanon, 1993) exacerbe le processus de dégradation de la M.O (Pieri, 1989). De plus, dans le terroir, la pratique du travail du sol à la culture attelée (labour, sarclage, binage et buttage) est généralisée (INERA, 1991). Or le travail du sol stimule l'activité microbiologique, d'une part, par l'amélioration de la porosité et donc de l'aération (Charreau et Nicou, 1971) et, d'autre part, par augmentation de l'effet rhizosphère (Dommergues et Mangenot, 1970). Cette accélération de la minéralisation de la matière organique a été confirmée par plusieurs études respirométriques (Dommergues, 1956; Moureaux, 1965; Fauck et al; 1969; Feller, 1977). Le travail du sol affecte donc la cinétique de minéralisation par un coefficient multiplicateur largement supérieur à 1 (Charreau et Nicou, 1971); Pieri (1989) estime que ce coefficient varie entre 1.2 et 1.6.

L'érosion liée au ruissellement, dont on a vu que l'importance augmentait considérablement avec l'âge des parcelles constitue également un facteur primordial, entraînant les particules fines auxquelles sont généralement associées les matières organiques stables.

L'effet conjugué de tous ces facteurs est une évolution selon un modèle exponentiel décroissant par rapport à l'âge de mise en culture avec l'équation

$$MO\% = 0.45 + 0.49 \cdot Exp(-0.39 \text{âge}) \qquad \text{équation (1)},$$

équation, comparable à celle établie par Siband (1974). Cette équation montre que plus la parcelle est exploitée longtemps plus le taux de matière organique diminue et tend vers une valeur plancher. La courbe de la fonction admet une asymptote qui correspond à 0,45% de M.O., valeur très faible pour assurer une fertilité optimale du sol. Il est probable que cette valeur, n'est que théorique et que l'effet conjugué de la minéralisation, même d'une fraction organique résiduelle très stable, et de l'érosion contribue à une poursuite de la diminution du taux de matière organique des sols et, en l'absence de restitution, à leur perte quasi totale de fertilité.

Les travaux de Sedogo (1993), Feller (1994) et Badiane (1993) permettent de comprendre que cette première période de décroissance concerne essentiellement la fraction grossière de la matière organique que certains auteurs qualifient de fraction labile. A la fin de cette période il reste la matière organique "stable" qui évolue beaucoup plus lentement. Le caractère constant du reliquat de M.O n'est donc qu'apparent. L'âge observé des parcelles ne dépassant guère 17 ans il n'a pas été possible de mettre en évidence la très lente cinétique de ce compartiment "stable" de la matière organique. Cette évolution exponentielle suggère que la perte de matière organique est proportionnelle au taux initial de matière organique (Jenny, 1950). En effet une transformation de l'équation (1) aboutit à l'équation (2) suivante:

$MO_t = MO_0(0.47+0.52Exp(-0.39t)$ équation (2)

avec t = âge de la parcelle; MO_0 = taux initial de matière organique sous végétation naturelle; MO_t = taux de matière organique au temps t (années) après le défrichement. On peut alors rapprocher cette équation (2) de celle de Arrouays et *al* (1994) qui en zone tempérée (au sud de la France) avec un dispositif très similaire au notre, observe que l'évolution du taux de carbone organique, sous une monoculture continue de maïs, obéit à l'équation bi-exponentielle suivante:

$C = 0.605C_0Exp(-0.016t) + 0.395C_0Exp(-0.423t)$ équation (3)

L'équation (3) a l'avantage de faire observer que si le stock initial de carbone (C_0) dans le sol est faible (cas des sols tropicaux), la variation de la quantité exprimée par le premier terme de l'équation reste imperceptible pour une variation de temps inférieure à 20 ans. Ainsi Arrouays et *al.*, disposant de parcelles plus anciennes, a pu mettre quantitativement en évidence l'évolution du pool "stable" de matière organique par un premier terme exponentiel en lieu et place du terme constant (0.45%) que nous avons trouvé.

L'évolution de la teneur en azote dans le sol est similaire à celle de la teneur en M.O, les deux teneurs sont liées.

Les apports d'azote par fertilisation minérale sont absents dans ces champs de brousse et les apports atmosphériques sont insignifiants. La fixation symbiotique est négligeable en raison, d'une part, de l'absence quasi totale de légumineuses dans le système et, d'autre part, du caractère aléatoire de l'efficience de cette fixation (Wetsalaar et Ganry, 1982; Wey 1980). La seule source d'azote est donc la matière organique. L'évolution parallèle des teneurs de l'azote et de la MO en est la confirmation.

Le Phosphore (P) extractible évolue aussi selon une fonction exponentielle décroissante par rapport à l'âge des parcelles. La corrélation est encore plus évidente à l'examen des taux respectifs de la matière organique et du P extractible dans les deux horizons 0-20 cm et 20-40 cm (tableau V.1). Cette évolution parallèle à celle de la MO s'explique tout comme dans le cas de l'azote par le fait que la MO est le principal pourvoyeur de P. extractible et que les cultures prélèvent sur ce stock de P mobile.

La corrélation constatée entre la CEC, les bases échangeables et la MO soulignent le fait que pour les sols à sesquioxydes et à kaolinite exclusifs, la MO contribue d'une manière très importante à la CEC. Elle est essentielle aussi pour le maintien de la saturation en bases échangeables.

Enfin le sol a tendance à s'acidifier au fur et à mesure que la parcelle prend de l'âge. Mais les parcelles de 9 à 17 ans ne confirment pas cette tendance. L'acidité totale

parait se stabiliser à pH 5,6 environ. Cette valeur reste élevée pour ce type de sol. Elle n'est pas de nature à affecter la mobilité du phosphore.

L'état de surface du sol est traduit par l'indice structural superficiel (ISS). ISS et la M.O sont corrélés, mettant en évidence le rôle primordial de la M.O. vis-à-vis de la stabilité structurale du sol. Avec la chute des teneurs en M.O, les mottes ne sont plus aussi solidement agrégées et fondent sous l'effet de battage des pluies (Hénin et *al,* 1969).

La baisse de l'ISS (qui varie en sens inverse de la stabilité structurale) traduit donc la cinétique de désagrégation mottière sous l'effet "splash" des pluies. Sur le terrain, nous avons pu observer que l'importance des pellicules et des croûtes qui augmentent avec la durée de mise en culture. Cette dégradation ralentit fortement l'infiltration et favorise par conséquent le ruissellement (Casenave et Valentin, 1988) et l'érosion (Roose, 1980), contribuant à la perte de la fertilité de ces sols.

Aussi la dégradation de l'ISS se traduit par une augmentation considérable du ruissellement en fonction de l'âge des parcelles. Cette différence de comportement s'exprime très nettement par la différence de pente des droites de régression (figure V.7).

L'augmentation du ruissellement en fonction de l'âge des parcelles trouve donc son origine dans la fragilisation des mottes et la baisse consécutive de toute rugosité créée ou recréée par les façons culturales. En effet la rugosité joue un double rôle: ralentissement de la vitesse d'écoulement et piégeage de l'eau susceptible de ruisseler dans les inégalités de surface (Guillobez et Zougmoré, 1991). Ainsi par l'intermédiaire du maintien d'une certaine rugosité, en stimulant le développement végétatif des cultures (effet écran et obstacle) et en maintenant un taux suffisant de M.O, le taux de ruissellement devrait diminuer et ses répercussions négatives sur la fertilité s'estomper.

Sous l'effet de la culture continue, on assiste donc à une baisse des taux de matière organique entraînant une augmentation de l'ISS. Il s'en suit une "aridification des conditions pédoclimatiques (Taonda et *al.*, 1995). Ainsi, dans la région, sous réserve d'interférence d'autres facteurs, les parcelles de plus de 8 ans d'âge ne peuvent plus pourvoir à l'alimentation hydrique du sorgho, principale culture de la zone.

3. CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DES PROPRIETES CHIMIQUES ET PHYSIQUES

En quelques 6 ans de culture céréalière continue sans restitution de matière organique et avec les pratiques culturales adoptées, la teneur de la matière organique diminue considérablement. Le taux de matière décroît de manière exponentielle. Il en résulte une dégradation des propriétés physiques et chimiques du sol . On observe un

appauvrissement chimique général avec une forte probabilité de carences en éléments nutritifs pour les plantes notamment en N et P et éventuellement en oligo-éléments.

Avec la baisse des teneurs en M.O, l'instabilité structurale superficielle est élevée, alors la rugosité créée par les façons culturales se dégrade rapidement. L'infiltration diminue avec l'âge de mise en culture et le pédoclimat s'aridifie. Quels sont les effets observables sur la productivité des parcelles? C'est à cette question que tente de répondre le chapitre suivant.

CHAPITRE VI:

EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITE SUR LES SOLS ETUDIES

Ce chapitre analyse l'évolution des différentes variables relatives à la productivité du sorgho en fonction de l'âge des parcelles de caractérisation (hauteur des plantes à 50 jours; hauteur des plantes à maturité; productivité en racines, tiges et grain). Le rendement grain des parcelles de suivi est aussi étudié; il confirme la tendance observée avec les parcelles de caractérisation.

1. RESULTATS

1.1. DEVELOPPEMENT VEGETATIF DES CULTURES

1.1.1. HAUTEUR DES PLANTES A 50 JOURS APRES SEMIS.

La hauteur moyenne des plantes a été calculée par parcelle (figure VI.1). Les jeunes parcelles (de 2 à 4 ans) présentent un développement végétatif satisfaisant. Les parcelles de 2 ans offrent le plus fort développement. Sur les parcelles de première année et de 17 ans les plantes sont restées de petite taille (40 cm en moyenne). Il n'a pas été possible de déterminer une régression significative bien qu'une tendance se dessine.

1.1.2. HAUTEUR DES PLANTES A LA MATURITE

La tendance qui se dessinait à 50 jours est confirmée et précisée. La hauteur des plantes décroît suivant un modèle exponentiel par rapport à l'âge des parcelles (figure VI.3). La régression est hautement significative. Sur les parcelles de 2 ans les plantes sont les mieux développées. A partir de 6 à 8 ans de culture continue les hauteurs des plantes ne sont plus significativement différentes; toutefois, il faut souligner l'hétérogénéité importante observée pour les parcelles jeunes. Les hauteurs des plantes sont parfois inférieures à celles obtenues sur les parcelles âgées, en tout cas du même ordre de grandeur. Il y a probablement une relation avec la fertilité de départ du sol (phosphore extractible, densité apparente). L'évolution tend vers une valeur minimum d'environ 130 cm.

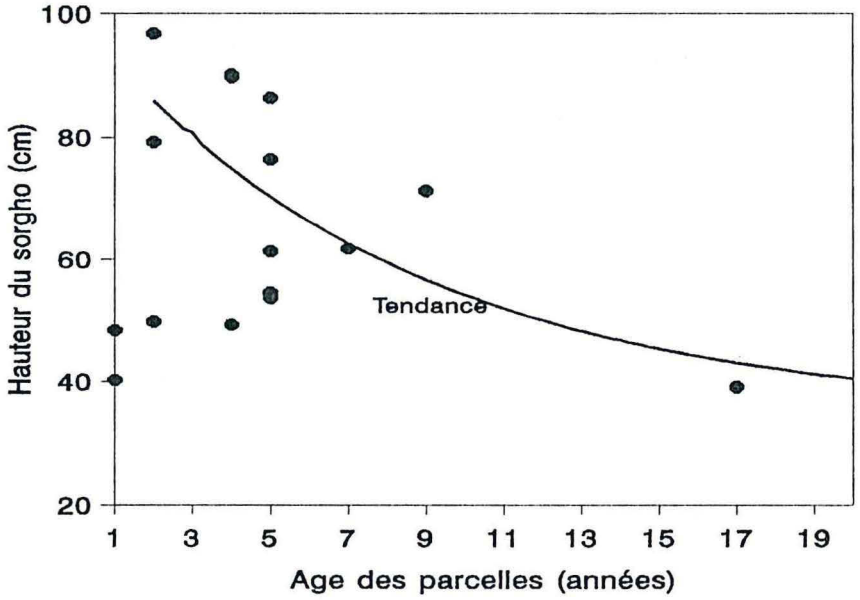


Figure VI.1: Relation entre la hauteur moyenne du sorgho à 50 jours après semis et l'âge des parcelles.

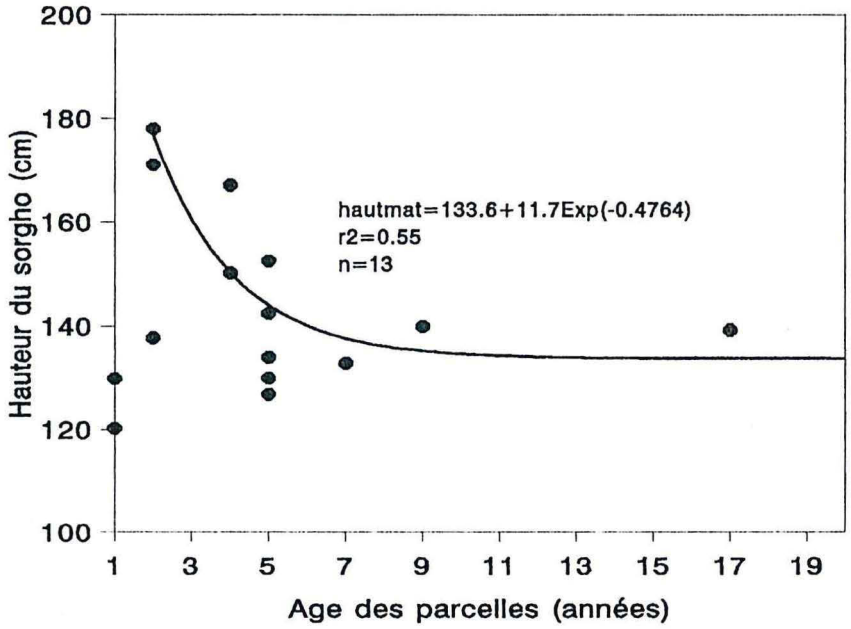


Figure VI.2: Evolution de la hauteur moyenne des plantes à maturité par rapport à l'âge des parcelles.

1.2. LA PRODUCTIVITE EN BIOMASSE

1.2.1. RACINES ET TIGES

Le meilleur ajustement pour l'évolution de la productivité en racines et de la productivité en tiges est une fonction exponentielle par rapport à la durée de culture (figures VI.3 et VI.4). Les parcelles cultivées depuis 2 ans conservent leur avantage: elles fournissent les productions en racines et en tiges les plus élevées; là aussi, l'hétérogénéité importante de la réponse de la plante est à relever, en particulier pour les jeunes parcelles. Cette hétérogénéité s'estompe vers 5 ans.

1.2.2. PRODUCTIVITE EN GRAIN

Le rendement du sorgho diminue encore plus rapidement que les autres variables observées au fur et à mesure que les parcelles avancent en âge. Au bout de 6 à 8 ans, les parcelles ne produisent guère plus que 200 kg/ha. Le meilleur ajustement est fourni par un modèle exponentiel par rapport à l'âge des parcelles (figure VI.5).

Les parcelles d'observation confirment le constat par une évolution similaire (figure VI.6). On remarquera cependant que la régression est légèrement moins bonne sur les parcelles d'observation. Les deux régressions sont toutefois chacune significatives au risque 1%.

2. DISCUSSION

La réduction de la hauteur moyenne de plantes traduit une baisse de l'efficience du processus de photosynthèse au fur et à mesure que les parcelles gagnent en âge.

La biomasse radiculaire trouvée est considérable. La pratique généralisée des travaux de préparation du sol peut expliquer ce constat. Ces résultats sont comparables à ceux de Chopart (1980) qui avait utilisé la méthode des prélèvements globaux. Nos résultats sont encore plus proches de ceux de Charreau et Nicou (1971) en raison de la similitude de la méthode d'estimation de la biomasse radiculaire produite (méthode par sondage au cylindre). On peut remarquer que cette méthode a tendance à surestimer la productivité radiculaire par rapport à la méthode des prélèvements globaux que nous ne pouvions pas appliquer en milieu réel paysan en raison des contraintes sociologiques. L'importance de la biomasse des racines produite, tout comme la hauteur des plantes à la maturité, à partir de 2 ans de mise en culture, diminue fortement avec l'âge des parcelles.

Les rendements sont en deçà de ce que prévoit la fiche technique de la variété (INERA, 1986). Le rendement à l'instar des autres variables est moins important en

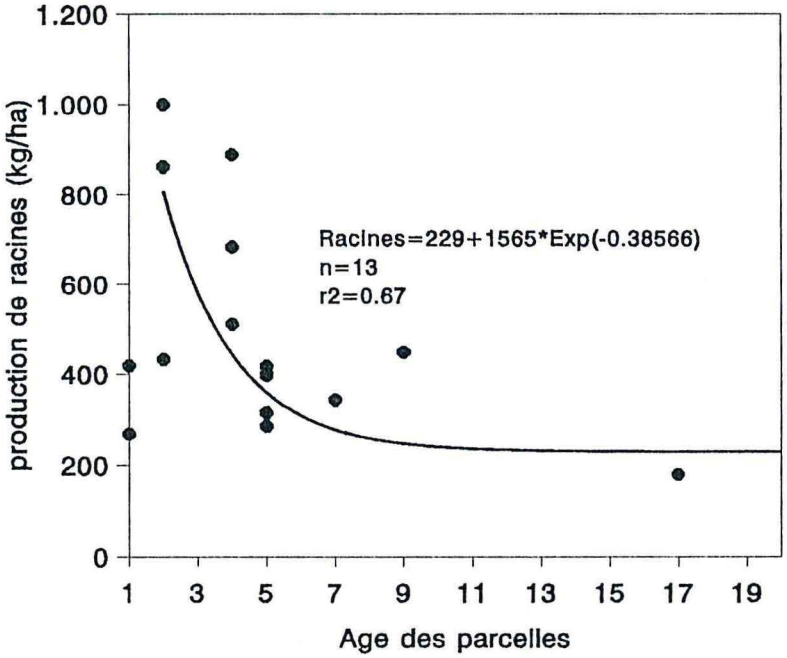


Figure VI.3: Evolution de la biomasse radiculaire produite en fonction de l'âge des parcelles.

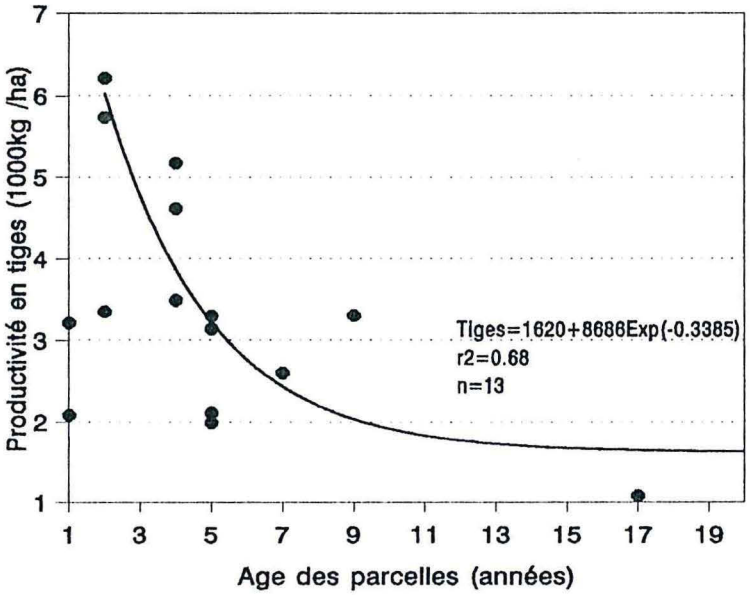


Figure VI.4: Evolution de la productivité en tiges de sorgho ICSV1049 en fonction de l'âge des parcelles.

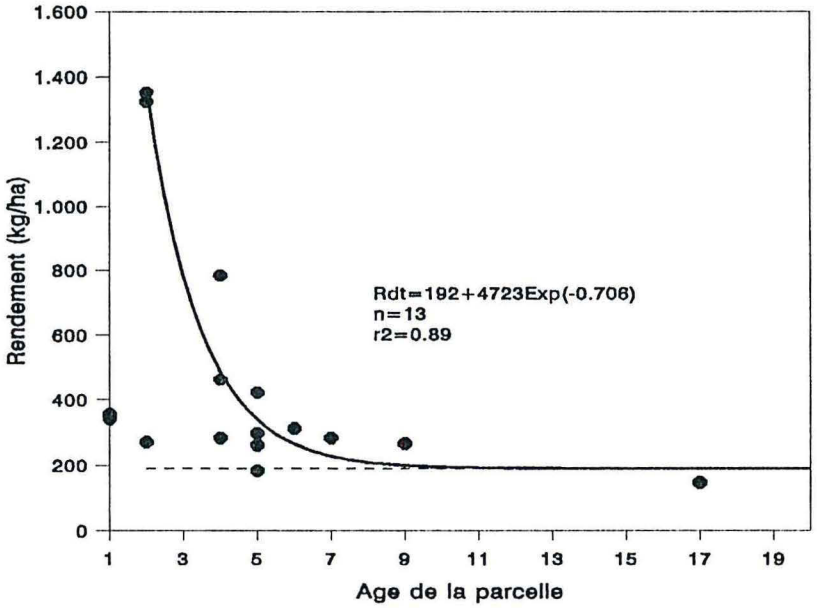


Figure VI.5: Evolution de la productivité des sols étudiés en fonction de l'âge des parcelles.

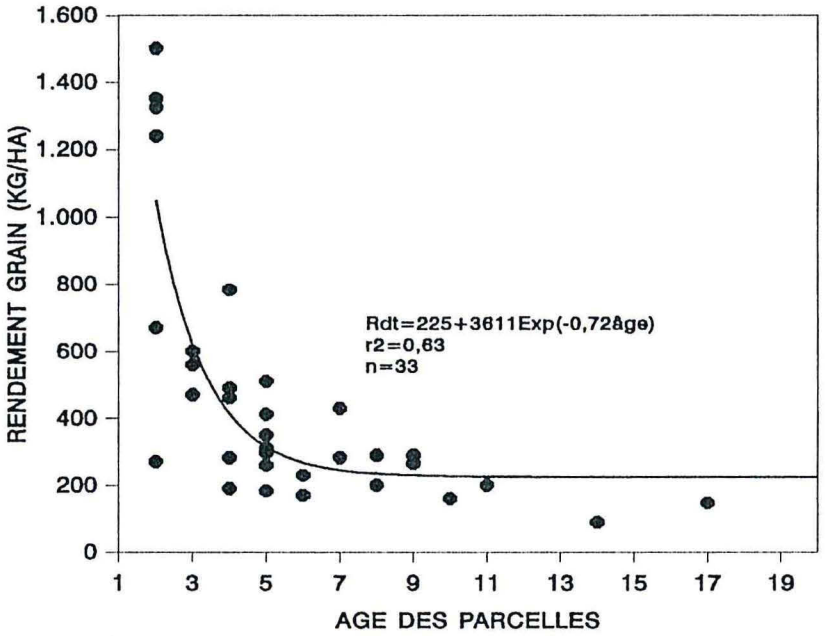


Figure VI.6: Evolution de la productivité des sols étudiés en fonction de l'âge des parcelles (de contrôle).

première année de culture. En année de défriche l'azote n'est pas encore disponible, la matière organique fraîche n'est pas encore minéralisée. Une "faim d'azote" est donc à l'origine du développement limité du sorgho sur les nouvelles défriches. Les rendements s'effondrent régulièrement selon une fonction exponentielle négative par rapport à l'âge des parcelles. Cette baisse régulière des rendements, parallèle à l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des sols que nous avons mis en évidence, concorde avec les résultats de plusieurs auteurs. En effet, en station, Pichot et *al* (1981) trouvent que les rendements deviennent très rapidement proches de zéro, et ce, que le sorgho soit cultivé ou non en alternance avec une légumineuse; Richard et Boulet (1985) montrent que le rendement décroît régulièrement selon une fonction de type [Rendement = A+B/N; A et B étant des constantes et N le nombre d'années de culture]; Cretenet et *al* (1994) mettent aussi en évidence une baisse régulière (linéaire) du rendement du sorgho, du cotonnier et de l'arachide sur 16 ans d'essais; enfin Cretenet et Vaissayre (1986) observent que chaque année supplémentaire induit une perte de productivité de 50 kg/ha de coton graine.

L'élaboration du rendement résulte de facteurs génétiques (liés à la plante) , climatiques et édaphiques. Ces derniers sont sous l'influence directe des pratiques agricoles. Dans les conditions de notre expérience (même variété ICSV1049; même campagne d'expérimentation), les 2 premiers facteurs sont contrôlés. L'expérience a ainsi échappé à la variabilité interannuelle des rendements due aux aléas climatiques fréquents dans cette zone (Somé, 1989). Ce sont donc les seuls facteurs édaphiques qui sont à l'origine de l'évolution régressive de toutes les variables de productivité par rapport à l'âge des parcelles.

L'azote est le pivot du rendement des céréales (Soltner, 1988). Ainsi la chute des teneurs en N total et P extractible a provoqué un effondrement des rendements. La forte corrélation entre le rendement et chacun des ces éléments en apporte la confirmation. Dans les conditions de notre expérience la principale source de N et P est la M.O. La M.O à travers sa cinétique de minéralisation influence donc directement les propriétés chimiques et la nutrition des plantes.

Mais l'appauvrissement chimique n'est pas seul responsable de l'effondrement de la productivité. L'autre rôle essentiel de la M.O relatif au maintien et à l'amélioration des caractéristiques physiques du sol (Charreau et Nicou, 1971) s'est avéré tout aussi important voire plus fondamental. Comme nous l'avons vu plus haut, la chute des teneurs en M.O provoque une dégradation de l'ISS conduisant à une dégradation général de l'état physique du sol. Il s'en suit une sahélisation du pédoclimat vers 6 à 8 ans de culture continue qui rend quasi impossible toute valorisation du minimum

d'éléments chimiques dont le sol reste encore pourvu. A ce stade, les propriétés physiques semblent être les plus déterminantes pour la productivité des cultures.

Les propriétés physico-chimiques étant régies par la M.O, on comprend mieux que l'évolution de la productivité des parcelles épouse une fonction exponentielle négative tout à l'image de l'évolution de la M.O par rapport à l'âge des parcelles.

3. CONCLUSIONS SUR L'EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITE DES SOLS ETUDIES.

Les parcelles les mieux pourvues en M.O procurent les rendements les plus élevés. Puis la chute de productivité s'amorce régulière et rapide. Au rythme d'une baisse annuelle de 20 à 25% , la productivité du sol devient dérisoire au bout de 6 à 8 ans d'exploitation.

Cette chute de la productivité est consécutive à la dégradation des propriétés physico-chimiques du sol. En effet au bout d'une période sensiblement identique (6 à 10 ans) la disponibilité des éléments nutritifs du sol est extrêmement réduite et une sahélisation du pédo-climat accentue encore la déficience de la photosynthèse des cultures. La contrainte majeure semble dès lors relever beaucoup plus des propriétés physiques du sol. La matière organique est donc le pivot de la fertilité de ces sols et le maintien d'un stock minimum s'avère indispensable pour assurer une durabilité de ce système de culture.

Sur les parcelles d'observation d'autres variables complémentaires ont été recueillies. Elles sont traitées au prochain chapitre et permettront probablement de confirmer ou d'infirmer les hypothèses émises.

CHAPITRE VII:

LES ADVENTICES, UN AUTRE FACTEUR D'EVOLUTION DE LA FERTILITE

Dans ce chapitre, sont analysées les données obtenues sur les parcelles de contrôle. Les adventices constituent cependant le point central.

1. RESULTATS

1.1. PRINCIPALES VARIABLES OBTENUES SUR LES PARCELLES D'OBSERVATION

Pour traiter ces variables observées sur les parcelles de contrôle nous avons eu recours à une analyse des correspondances multiples appelée aussi analyse factorielle des correspondances (AFC). Les résultats sont consignés en annexe. Nous avons choisi d'observer le regroupement des variables (expliquées et explicatives) dans le plan 1 qui explique 36 % de la variabilité (figure VII.1) il est formé par le facteur 1 et le facteur 2. En examinant la contribution des variables à la construction de ces deux facteurs nous avons pu identifier l'axe 1 comme le facteur "âge" caractérisé par les variables âge, précédent cultural et érosion. L'axe 2 est le facteur "gestion paysanne" il est caractérisé par l'importance des adventices, l'âge et la densité d'arbres. Dans ce plan on distingue trois groupes caractéristiques.

-Le groupe 1:

C'est le groupe des jeunes parcelles de moins de 4 ans d'exploitation (AG1). Elles ont été ouvertes sur la végétation naturelle (PR1) et sont positionnées essentiellement sur les glacis (TOPO3). Le parc agroforestier y est toujours dense [plus de 15 arbres/ha (AR1)], essentiellement formés de *Butyrospermum parkii* (le karité). Ces parcelles fournissent des rendements élevés de plus de 500 kg/ha (GR1). Le remplissage du grain se fait correctement, le poids de mille grains est supérieur à 15 g (MIG1).

-Le groupe 2

L'âge moyen des parcelles est de 5 à 8 ans (AG2) et la densité des arbres sur ces parcelles est comprise entre 10 à 15 arbres/ha (AR2). Positionnées en mi-pente ou en

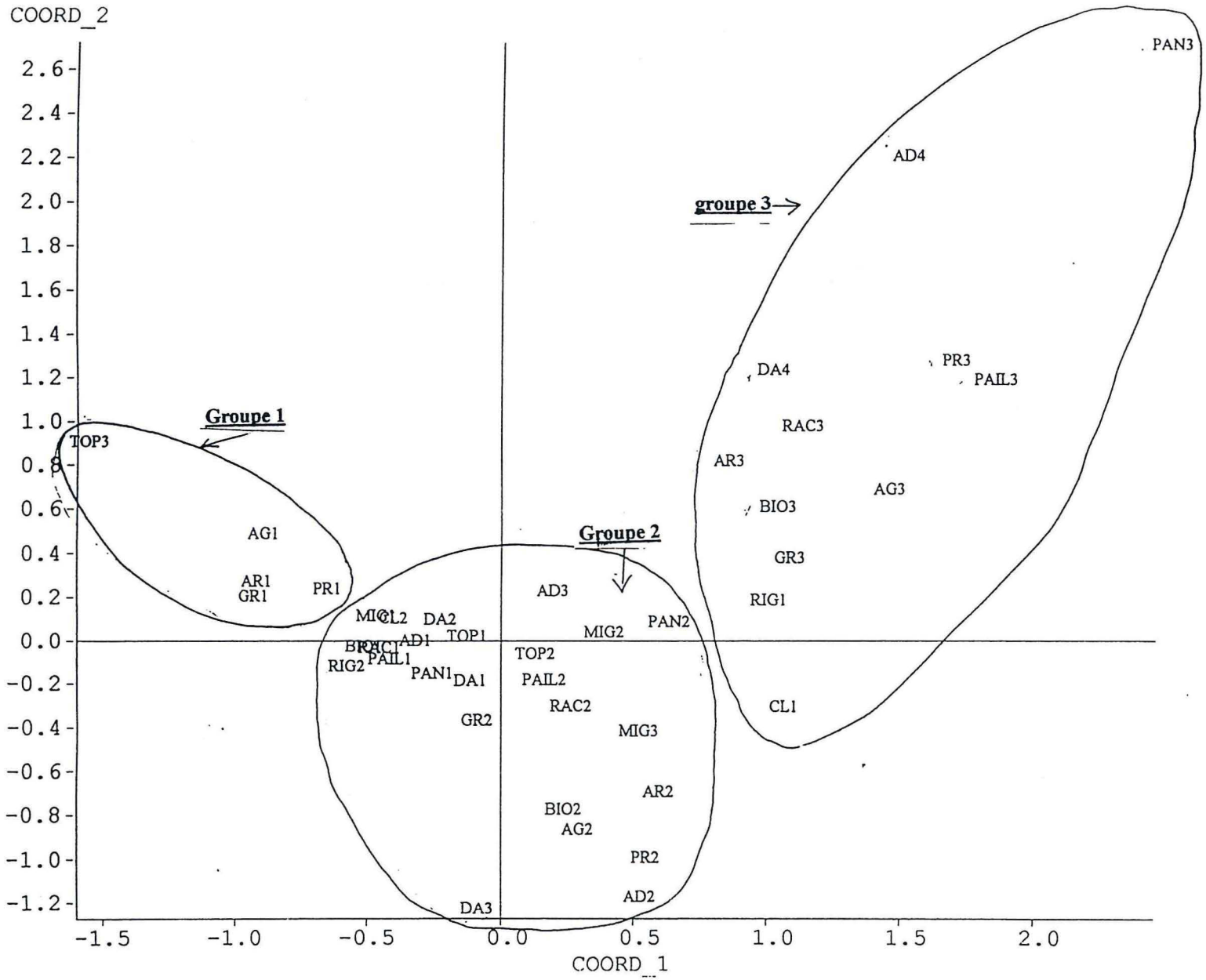


Figure VII.1: AFC des différentes variables observées sur les parcelles de contrôle.

haut de pente (TOPO1 et TOPO2), elles ont été défavorisées par la gestion paysanne: les travaux d'entretien ont connu des retards au premier sarclage et/ou au deuxième sarclage (AD1 et DA2). Ainsi des adventices assez compétitrices comme *Digitaria horizontalis* et *Dactyloctenium aegyptium* ont pu infester des parcelles au moment du premier sarclage (AD2) ou au moment du deuxième sarclage (DA3), de sorte qu'en dépit d'une relative bonne productivité en racines (RAC1) et en tiges (PAIL1) le remplissage du grain a été affecté, le poids de mille grains étant compris entre 13 et 15g (MIG2). Les rendements par conséquent sont restés limités entre 250 et 500 kg/ha (GR2).

-Le groupe 3

C'est le groupe des parcelles exploitées en monoculture céréalière (PR3) depuis plus de 8 ans (AG3). La densité du parc agroforestier y est faible moins de 10 arbres/ha (AR3). Malgré les travaux d'entretien moyennement assurés, la pression des adventices est très forte. On a observé dans certains champs des pieds de *Striga* au premier (AD4) et/ou au deuxième sarclage (DA4). Les griffes de l'érosion sont manifestes (RIG1) et des taches d'infertilité s'observent par endroit (CL1). Le rendement grain sur de telles parcelles est insignifiant: moins de 250 kg/ha (GR3). La productivité en matière sèche (racines et paille) est aussi très faible (RAC3 et PAIL3).

L'élément très caractéristique de ces parcelles de contrôle semble être celui des adventices. Cet aspect a fait l'objet d'une investigation plus approfondie pour mieux comprendre son importance dans la problématique de la fertilité au fur et à mesure que les parcelles avancent en âge.

1.2. LES DIFFERENTES ESPECES D'ADVENTICES ET LEUR IMPORTANCE RELATIVE

Les résultats des relevés sont consignés en annexe. Sur le plan botanique 103 espèces ont été recensées dans 73 genres. Les genres sont regroupées en 29 familles (tableau VII.1)

Les familles qui contribuent le plus à cette flore adventice (contribution supérieure à 3%) sont au nombre de la dizaine. La famille des poaceae, représentant 23% des espèces, est la plus importante. On peut remarquer la présence des scrophulariaceae, famille dont relève le *Striga hermontica*, adventice parasite, recensée sur certaines parcelles.

Tableau VII.1: familles d'adentices recensées.

Familles	nombre de genres	nombre d'espèces	pourcentage (%)
Poaceae	16	24	23.3
Fabaceae	5	10	9.7
Asteraceae	6	6	5.8
Rubiaceae	4	6	5.8
commelinaceae	3	5	4.9
Euphorbiaceae	3	5	4.9
Malvaceae	2	5	4.9
Caesalpinaceae	2	4	3.9
Cyperaceae	4	4	3.9
Lamiaceae	3	4	3.9
Tiliaceae	2	4	3.9
Solanaceae	2	3	2.9
Amaranthaceae	3	3	2.9
Convolvulaceae	2	3	2.9
Scrophulariaceae	2	2	1.9
Cochlospermaceae	1	2	1.9
Portulaceae	1	1	1
Acanthaceae	1	1	1
Taccaceae	1	1	1
Terculiaceae	1	1	1
Zygophyllaceae	1	1	1
Curcubitaceae	1	1	1
Boraginaceae	1	1	1
Caparidaceae	1	1	1
Carophyllaceae	1	1	1
Molluginaceae	1	1	1
Nyctaginaceae	1	1	1
Asclepiadaceae	1	1	1
Araceae	1	1	1
TOTAL	**73**	**103**	**100**

1.3. L'IMPORTANCE DES ESPECES PAR RAPPORT AU SALISSEMENT DES PARCELLES

Sur le plan agronomique la quantification de la contribution de chaque espèce au salissement est très importante. La notion de salissement tient à la fois de celles d'abondance et de recouvrement. L'abondance est le nombre d'individus d'une espèce pa unité de surface. Cette notion est adaptée aux estimations d'infestation dans les deux ou trois semaines qui suivent les semis. Le recouvrement correspond au pourcentage de la surface recouverte par la projection verticale des parties aériennes des individus d'une espèce. Il est plus facile à évaluer et proche de son maximum après le premier mois en zone tropicale (Merlier, 1972). Il donne une idée de la biomasse aérienne produite (Gaudet et Keddy, 1988) et une estimation de la compétition exercée par les adventices sur les cultures. Ce recouvrement a été estimé suivant l'échelle de la Commission des Essais Biologiques revue et corrigée par Marnotte (1984). Le recouvrement moyen absolu d'une espèce donne son importance dans les relevés où elle est présente [recouvrement moyen absolu = ($\sum$ recouvrement de l'espèce)/nombre de relevés où l'espèce est présente]. Le recouvrement moyen relatif donne son importance dans l'ensemble des relevés [recouvrement moyen relatif = ($\sum$recouvrement de l'espèce)/nombre total de relevés]. En retenant les espèces dont le recouvrement moyen relatif atteint 2% on obtient 6 espèces (tableauVII.2).

1.4. RELATIONS ESPECES-FACTEURS

Pour mettre en relation l'évolution des adventices et l'âge des parcelles nous avons utilisé la méthodes des profils écologiques. Parmi les approches de traitement de données floristiques cette méthode est celle qui donne le plus d'information sur la réaction des espèces vis-à-vis des facteurs écologiques (Bottlikova et al., 1976; Daget et Godron,1982). Un des avantages de cette approche est la mise en évidence des variables les plus efficaces sur la distribution des espèces (Traoré, 1991).

Le profil écologique:

Dans un ensemble de relevés, la distribution des espèces en fonction des états des différentes variables constitue des "profils écologiques (Gounot, 1969; Guillerm,1976; Gauthier et al., 1977).

La distribution de fréquence des espèces dans les différentes classes des facteurs écologiques correspond à un ensemble de probabilité quand le nombre de relevés devient suffisamment grand (Godron, 1968). Ces probabilités permettent d'estimer l'entropie et l'information mutuelle.

L'entropie:

Tableau VII.2: espèces d'adventices et contribution au salissement des parcelles.

Espèces	Recouvrement moyen absolu (%)	Recouvrement moyen relatif
Borreria chaetocephala	3	3
Bracchiaria lata	3.2	3.7
Dactyloctenium aegyptium	4.9	4.1
Hyptis spicigera	3.3	2.6
Pennisetum pedicellatum	4.4	4
Setaria pallidefusca	6.1	5.9

Elle peut être relative à une espèce quand elle tient compte de la présence de chaque espèce dans un ensemble de relevés. Elle peut être relative à un facteur. On parle d'entropie facteur, elle est calculée à partir du profil d'ensemble d'un facteur. La notion d'entropie-facteur est sous-tendue par le fait que pour un facteur bien échantillonné, les relevés sont également répartis entre ses diverses classes (Daget et al., 1972). Plus l'entropie est grande plus les chances pour qu'un relevé se trouve dans n'importe quelle classe est grande. Cette entropie-facteur est donc maximale dans le cas d'un excellent échantillonnage (même nombre de relevés dans toutes les classes du facteur). L'entropie-facteur maximale est égale au logarithme de base 2 du nombre de classes. Ainsi le rapport Q(L), entropie-facteur observée/ entropie-facteur maximale détermine la qualité de l'échantillonnage. On considère que l'échantillonnage est bon si Q(L) > 0.75 (Guillerm, 1971; Daget et al., 1972).

L'information mutuelle espèce-facteur:

L'information mutuelle tient au fait que pour une espèce très fortement liée à un facteur écologique, l'observation de l'espèce et celle du facteur font double emploi dans la mesure où la présence d'un état du facteur, associé à un relevé, permet d'envisager une forte probabilité de présence de l'espèce (Godron,1968). Elle est calculée à partir du profil d'ensemble d'une espèce pour un facteur écologique. L'information mutuelle espèce-facteur permet de déceler les facteurs les plus actifs sur la distribution des espèces (Daget et al., 1972). Le graphique (entropie facteur en abscisse et information mutuelle en ordonnée) donne une hiérarchisation des facteurs. Il est peu courant d'avoir des variables situées au dessus de la droite 7%. Quand c'est le cas, cela témoigne d'une activité importante pour cette variable (Traoré, 1991).

Dans notre étude les facteurs qui ont une forte activité sur les espèces sont le précédent cultural, la culture et l'âge des parcelles (figure VII.2)

On a donc pu déterminer les espèces associées à chaque classe d'âge qui sont consignées dans le tableau VII.3.

2. DISCUSSION

Dans le chapitre précédent, nous avions retenu que la productivité des parcelles baisse régulièrement pour tendre vers des valeurs très faibles quand l'âge atteint 6 à 8 ans. L'évolution de la productivité suit une fonction exponentielle négative de l'âge des parcelles. Mais on avait noté la moins bonne régression dans le cas des parcelles d'observation. Aussi l'hypothèse de l'incidence de facteurs édaphiques autres que les caractéristiques chimiques et physiques a-t-elle été émise. L'analyse des variables

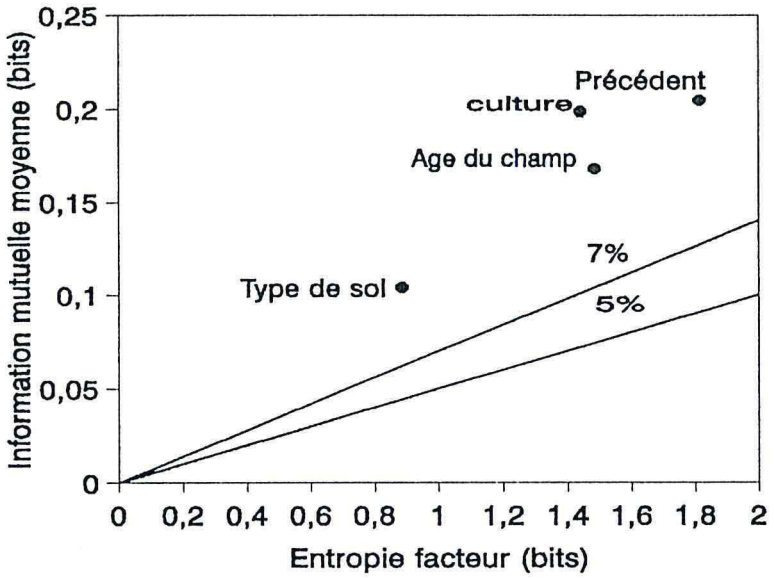


Figure VII.2: Activité des principales variables pour les espèces d'adventices.

Tableau VII.3: Relations espèces-facteurs.

Age des parcelles	Espèces caractéristiques
0-2 ans	*Andropogon gayanus*
	Tacca leontopetaloides
3 à 6 ans	*Euphorbia convolvululoides*
Plus de 6 ans	*Acalypha segetalis*
	Aristida adscensionis
	Ocimum canum
	Commelina subulata
	Dicliptera verticillata
	Panicum subalbidum
	Vernonia galamensis

observées sur les parcelles de contrôle confirme cette hypothèse et met en évidence des éléments nouveaux.

La confirmation:

Les incisions de l'érosion en ravineaux (RIG) sont visibles (RIG1) sur les parcelles longtemps cultivées alors qu'elles sont absentes (RIG2) sur les parcelles nouvellement défrichées. Cela témoigne de l'importance accrue du ruissellement sur ces parcelles.

Des taches d'infertilité (CL1), apparaissent sur certaines parcelles longtemps cultivées. Elles représentent le stade ultime de la dégradation physique du sol.

Les rendements faibles (GR3) associés aux parcelles âgées (AG3) confirment la chute de la productivité avec l'âge de la parcelle.

La mise en évidence d'éléments nouveaux:

La densité des arbres, positivement corrélée à la productivité. Boffa (1995) montre qu'aux environs immédiats des pieds du karité (*Butyrospermum parkii*) mais hors du houpier, les rendements de sorgho sont élevés par rapport au reste de la parcelle. Cet accroissement est lié à une teneur en M.O du sol significativement plus importante et à des conditions hydriques plus favorables. La densité des arbres apparaît donc comme un facteur de fertilité de sols.

Les adventices sont associées aux faibles rendements. La faible fertilité des parcelles et l'enherbement croissent avec le nombre d'années (Traoré, 1991). Cela signifie que certaines anciennes parcelles connaissent une forte dégradation de leurs conditions biologiques consécutive au développement des adventices avant le stade terminal caractérisé par les taches d'infertilité.

Sur le plan botanique nous avons recensé 103 espèces, 73 genres et 29 familles. Ces résultats sont en accord avec Guinko (1984), Traoré (1991). Ce sont surtout des annuelles car les travaux agricoles laissent peu de chance au développement des vivaces (Maillet, 1981; Traoré, 1991). La part importante des poaceae dans ce milieu tropical concorde avec les observations de nombreux autres auteurs (Merlier, 1972; Akobundu, 1979; Terry, 1981; Hoffman, 1986; Traoré, 1987).

Sur le plan agronomique, nonobstant la relative réduction du salissement des parcelles liée à l'utilisation quasi-généralisée de la culture attelée, l'apparition d'espèces compétitives et infestantes comme *Dactyloctenium aegyptium* et *Digitaria horizontalis* situe clairement l'importance de la pression des adventices à laquelle les agriculteurs doivent faire face. Mais l'avènement, sur les anciennes parcelles, d'espèces parasites comme le *Striga,* est sans conteste, la contrainte majeure dans cette zone semi-aride (Dellassus, 1972; Parker et Fryer, 1975; Musselman, 1980; Popay et Ivens, 1982;

Ramaiah et Parker, 1982; Niangado et Ouendeba, 1987; Combari, 1987; Dembelé, 1988). En effet, Popay et Ivens (1982), Parkinson et al.(1987) rapportent les travaux de Daget selon lesquels les pertes dues aux Striga sur le sorgho au Soudan varient de 20 à 60% et peuvent atteindre 100%. Parker et Fryer en sont arrivés à estimer que les pertes de rendement du sorgho et du mil dues aux mauvaises herbes en Afrique sont largement attribuables aux plantes parasites.

Parmi les facteurs qui ont contribué à la chute des rendements sur les parcelles de contrôle, le facteur "adventices" a donc joué un rôle important.

La bonne corrélation entre la durée de mise en culture des parcelles et certaines espèces d'adventices offre la possibilité d'utilisation de ces adventices comme indicatrices de l'âge des parcelles.

3. CONCLUSION

Les différentes variables observées sur les parcelles de contrôle sont interdépendantes. Aussi, n'a-t-il n'a pas été possible de procéder à une analyse différentielle de l'impact de chaque facteur pris isolément. On n'a pu, par exemple, étudier l'impact d'un parc agroforestier dense sur des parcelles âgées (tous les cas de fortes densité d'arbres étaient toujours associés aux jeunes parcelles) ou encore l'impact de l'érosion qui se développerait sur de jeunes parcelles (l'érosion a toujours été observée sur les anciennes parcelles). On a donc enregistré un effet cumulé sans possibilité de discrimination.

Quoiqu'il en soit, une conclusion s'impose: lorsque les parcelles avancent en âge, leur fertilité chimique et physique se dégradent. Cette dégradation peut évoluer jusqu'au stade de "zipéllé" mais avant ce stade final, des adventices écotypes des conditions de faible fertilité chimique apparaissent. Généralement elles sont très infestantes et très compétitives des plantes cultivées. Non suffisamment contrôlées, elles contribuent indubitablement à la chute de la productivité sur les parcelles âgées. Elles constituent donc un important facteur de dégradation des conditions biologiques du sol.

Ainsi, il apparaît que toute solution potentielle contre la dégradation des sols devrait être une judicieuse combinaison technique permettant de refaire la fertilité chimique et physique tout en assurant de meilleures conditions biologiques par un contrôle efficace contre les adventices. La tentative de solutions proposée au prochain chapitre en est un exemple.

CHAPITRE VIII:

AMENAGEMENT "ANTI-EROSIF" ET APPLICATION DE COMPOST: UNE EBAUCHE DE SOLUTION POUR UNE AGRICULTURE DURABLE

Ce chapitre expose un exemple de solution du problème de dégradation des caratéristiques physiques et chimiques du sol. Après avoir décrit le dispositif expérimental qui a été mis en place, ce chapitre traite de l'effet des cordons pierreux et de l'application du compost sur la saturation du réservoir hydrique du sol et la productivité des cultures.

1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le champ âgé de 17 ans a été divisé en deux parcelles, une parcelle témoin et une parcelle dite "aménagée". Sur la parcelle aménagée, nous avons construit des cordons pierreux selon les courbes de niveau. La distance entre cordons est de 21 m (le schéma de la parcelle se trouve en annexe). Les interstices entre les pierres ont été comblés avec des morceaux de pierres. Ainsi, chaque cordon constitue une petite digue s'opposant au ruissellement et à l'érosion. Ce type d'ouvrage est souvent désigné par diguettes anti-érosives". Les pierres n'étant pas "cimentées" entre elles, une partie de l'eau passe néanmoins à travers les diguettes, aussi peut-on les qualifier de "filtrantes". En milieu de saison de pluies, les diguettes ont été renforcées par le repiquage d'une graminée vivace à fort enracinement, l'*Andropogon gayanus*, cette plante produit de la paille très utilisée dans les constructions domestiques.

En plus des diguettes, la parcelle aménagée a reçu en début de saison de pluies un amendement organique de 2,5 t de compost à l'hectare. Le compost a été produit dans la ferme du propriétaire de la parcelle. Il a été obtenu en laissant séjourner un mélange de litière (résidus de tiges de sorgho associés aux fèces des boeufs de trait) et d'ordures ménagères pendant une saison de pluies dans une fosse fumière. La maturation du compost se fait donc avec l'eau des pluies, la fosse restant à ciel ouvert pendant toute la saison.

La plante test a été le sorgho ICSV1049.

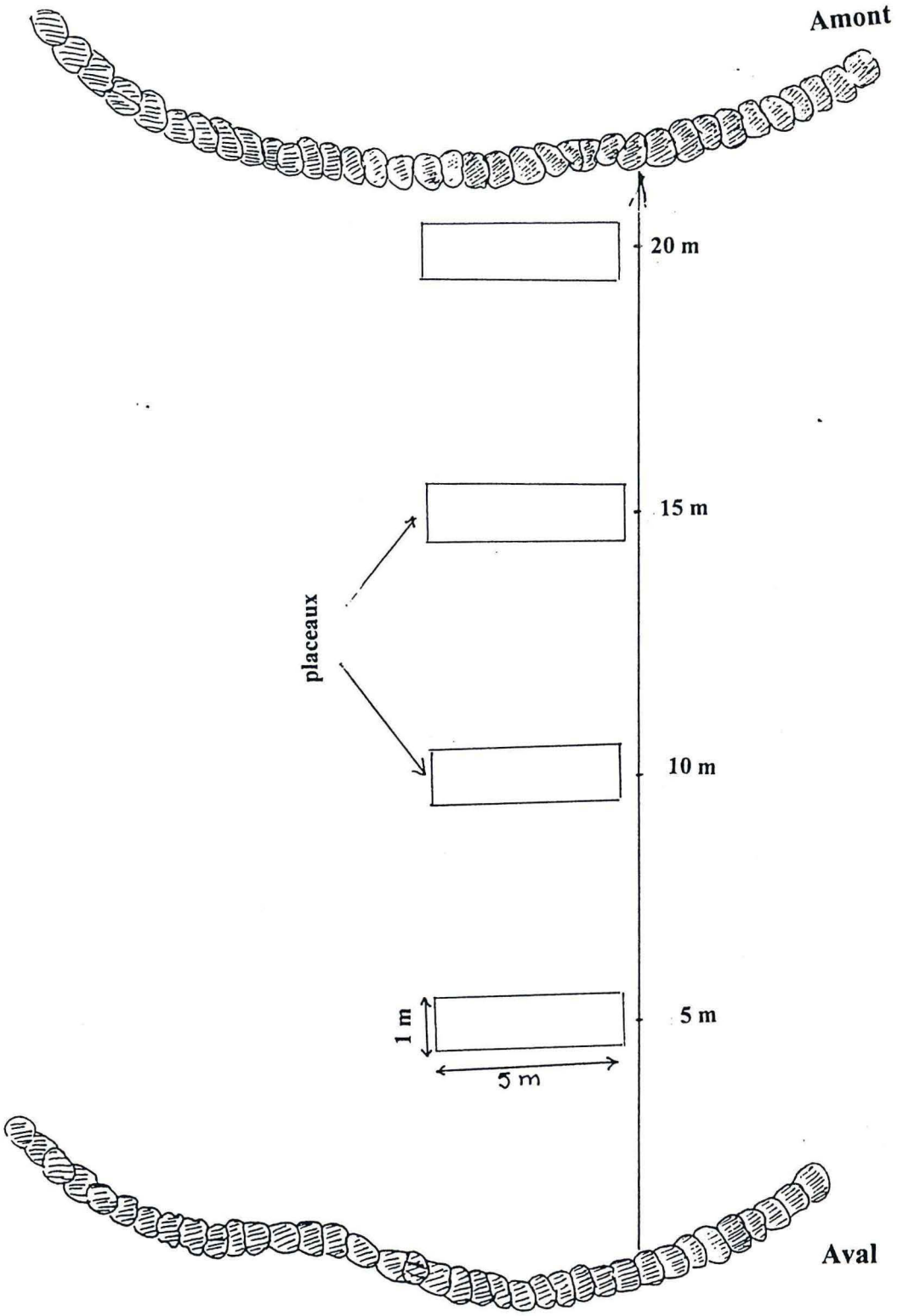


Figure VIII.1: Placeaux de mesure d' humidité et de productivité dans la parcelle aménagée.

L'itinéraire technique pendant toute la campagne a été le même que celui des parcelles de caractérisation. La parcelle a été billonnée parallèlement aux diguettes avant d'être ensemencée. Au cours du cycle cultural, il a été pratiqué un sarclage et un buttage.

Les variables recueillies sont les mêmes que celles enregistrées sur les parcelles de caractérisation. Toutefois, dans l'objectif de pouvoir apprécier "l'effet diguette", les variables ont été observées systématiquement à différentes distances en amont de 5 diguettes (à 5 m; 10 m, 15m et 20m). On pourra noter que 15 m et 20 m en amont de la diguette n correspondent respectivement à 6 m et 1 m en aval de la diguette n-1 conformément au schéma de la figure VIII.1

2. RESULTATS

2.2. EFFET DE L'AMENAGEMENT SUR LA SATURATION DU RESERVOIR HYDRIQUE

En début de campagne, après un cumul pluviométrique de 88 mm, on note une différence entre le profil hydrique sur nouvelle défriche et le profil hydrique sur la parcelle cultivée depuis 17 ans non aménagée. Cette différence est nette dans les horizons de surface (0-10 cm; 10-20 cm et 20-40 cm) à l'avantage de la parcelle nouvellement défrichée (figure VIII.2).

Le sol de la parcelle cultivée depuis 17 ans, mais bénéficiant d'un aménagement s'humecte plus rapidement que celui de la même parcelle sans aménagement (figureVIII.3)

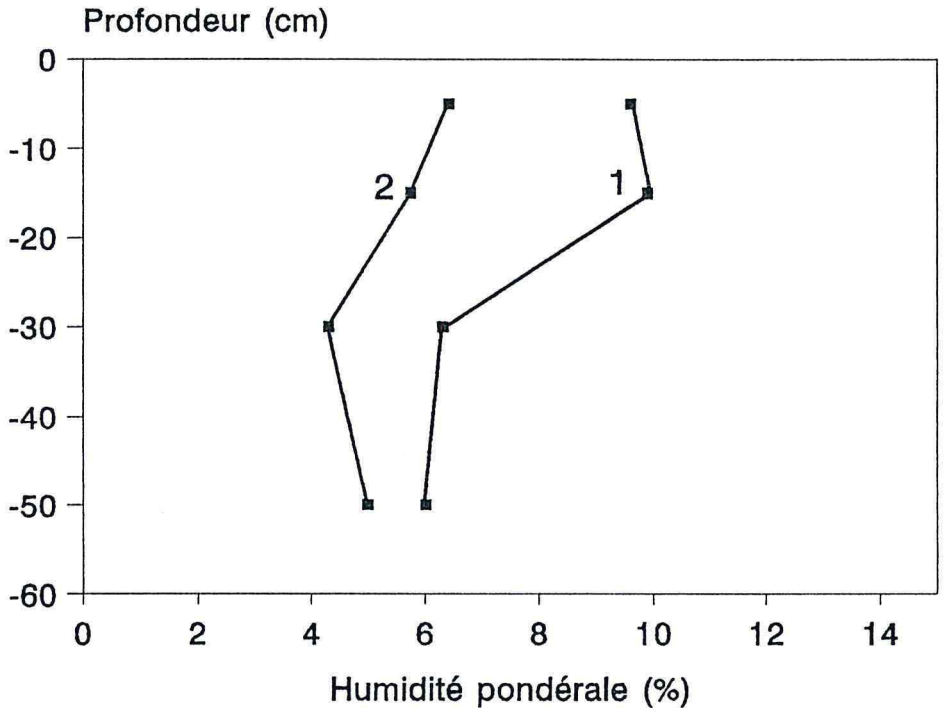
Sur la parcelle de 17 ans aménagée, le profil hydrique est comparable au profil hydrique sur les nouvelles défriches. La parcelle témoin présente un profil moins humide (figure VIII.4).

Dans la parcelle de 17 ans aménagée, les profils hydriques réalisés à différentes distances des diguettes anti-érosives et à différentes dates, montrent trois situations:

1) en début de campagne l'humidité est plus importante à 5 m en amont de la diguette que dans le reste de la parcelle. Les autres profils (à 10 m, 15 m et 20 m en amont de la diguette) ne sont pas différents (figure VIII.5).

2) en milieu de campagne le taux d'humidité est sensiblement le même sur l'ensemble de la parcelle (figure VIII.6).

3) vers la fin de la saison des pluies, les profils proches des diguettes sont les plus humides. Les plus faibles humidités sont enregistrées à mi-distance (10 m en amont) de l'interdiguette (figure VIII.7).



1= défriche
2= parcelle de 17 ans de culture continue

Figure VIII.2: Profils hydriques sur nouvelle défriche et parcelle de 17 ans en début de saison de pluies 17/6/1993).

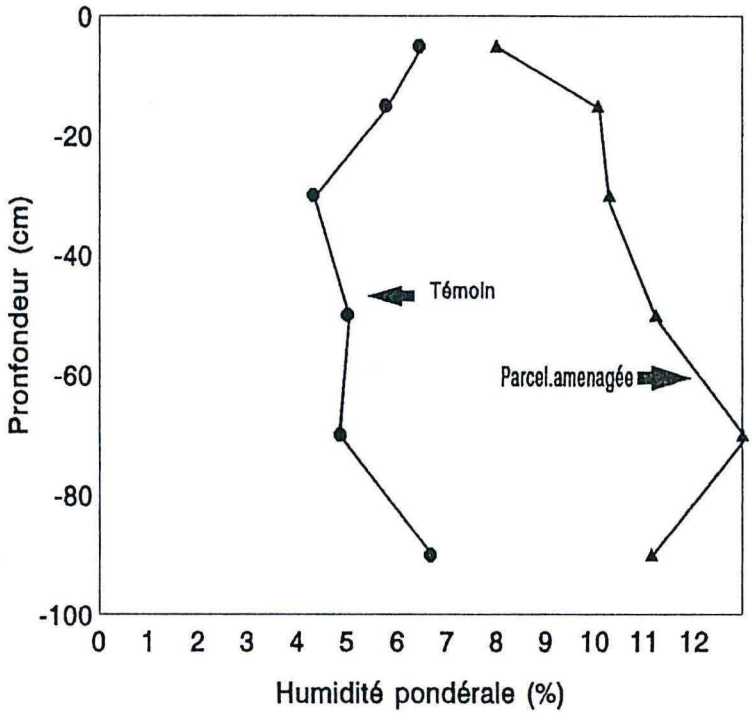
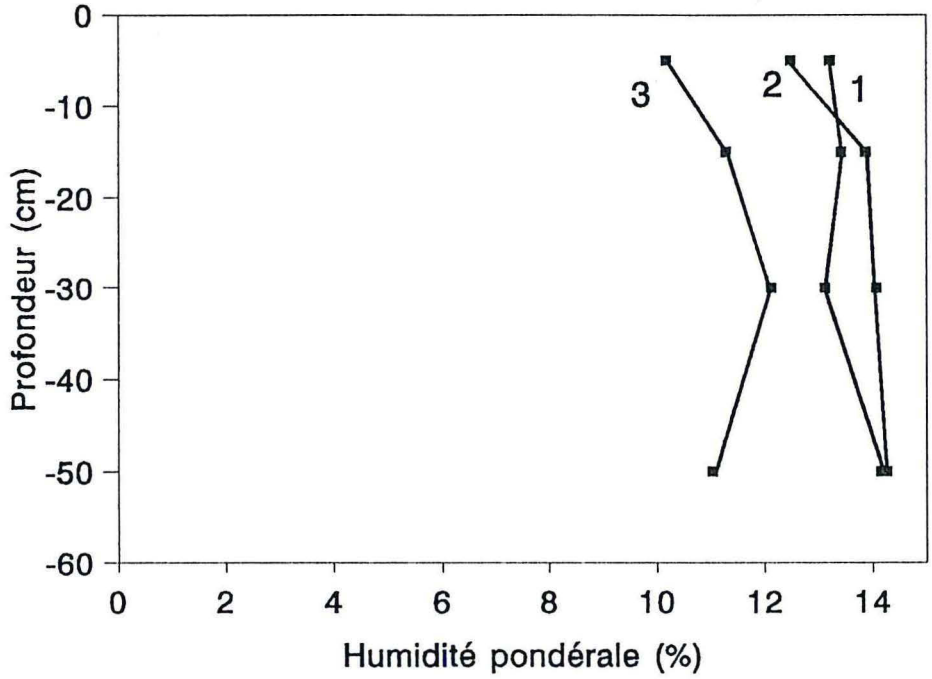
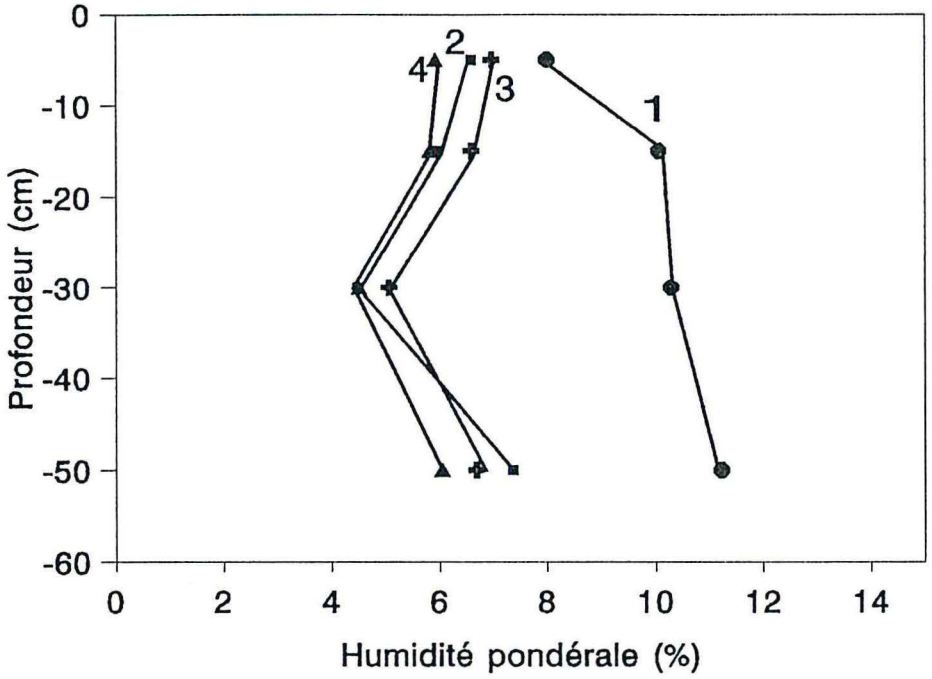


Figure VII.3: Profils hydriques sur parcelle des de 17 ans (aménagée et témoin) en début de saison de pluies.



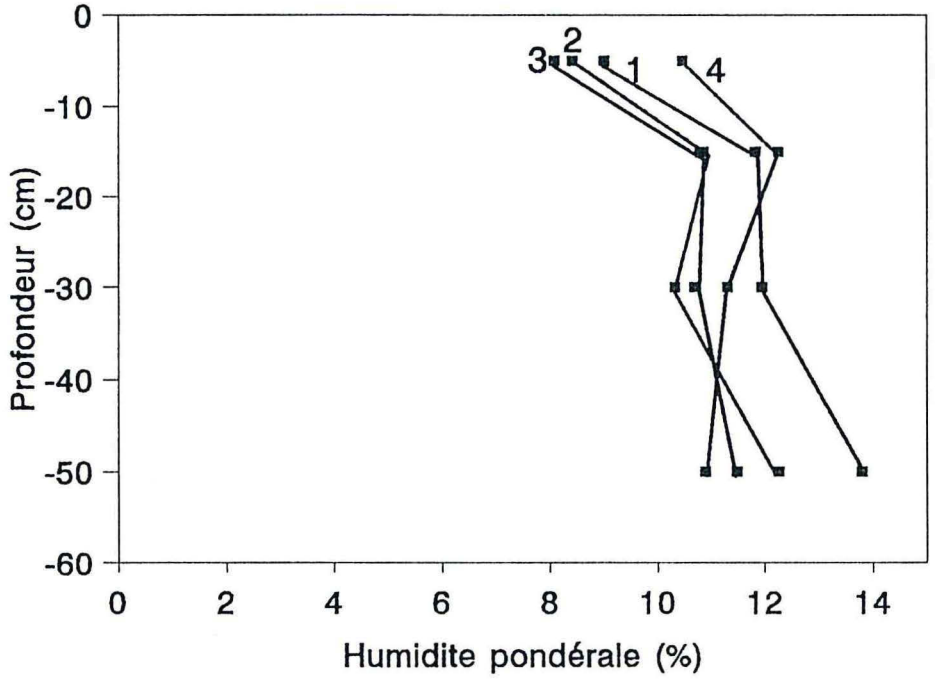
1= nouvelle défriche
2= parcelle de 17 ans à 5m en amont de la diguette "anti-érosive"
3= parcelle de 17 ans témoin

Figure VIII.4: Profils hydriques sur parcelles de 17 ans (aménagée et témoin) et sur nouvelle défriche (17/9/1993).



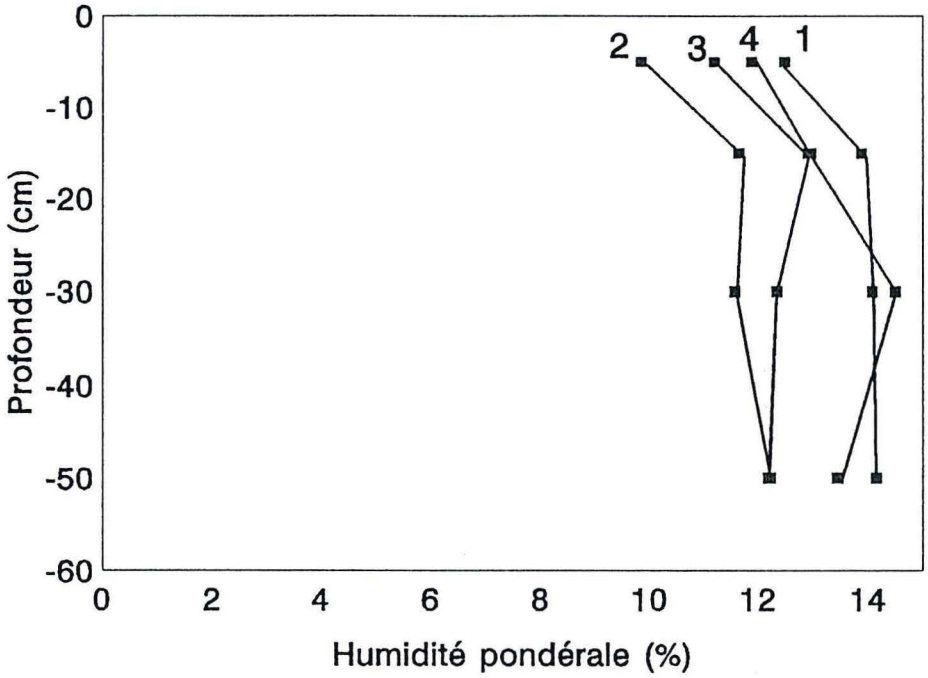
1=5m; 2=10m
3=15m et =6m en aval de la prochaine diguette
4=20m et =1m en aval de la prochaine diguette

Figure VIII.5: Profils Hydriques en début de campagne (17/6/1993) à différentes distances de la diguette.



1=à 5m; 2=à 10m
3=15m et = 6m en aval de la prochaine diguette
4=20m et = 1m en aval de la prochaine diguette

Figure VIII.6: Profils Hydriques en milieu de campagne (7/8/1993) à différentes distances de la diguette.



1=à 5m; 2=10m
3=15m et =6m en aval de la prochaine diguette
4= 20m et =1m en aval de la prochaine diguette

Figure VIII.7: Profils hydriques en fin de saison de pluies (17/9/1993) à différentes distances de la diguette.

2.3. EFFET DE L'AMENAGEMENT SUR LA PRODUCTIVITE

Sur la parcelle aménagée, toutes les variables de productivité (hauteur des plantes à la maturité, productivité en paille, rendement en grain) sont nettement accrues par rapport au témoin. Le rendement grain obtenu sur la parcelle aménagée est le quintuple du rendement obtenu sur la parcelle témoin. Les performances enregistrées sur cette parcelle sont comparables à celles (optimales) des parcelles de 2 ans (figures VIII.8; VIII.9; VIII.10)

Un examen détaillé des rendements en fonction de la distance à la diguette montre qu'il existe une hétérogénéité à l'intérieur de la parcelle aménagée (figure VIII.11)

Si on établit les moyennes des rendements pour les différentes distances à la diguette (figure VIII.12) on note que les rendements à 5 m en amont (1296 kg/ha) et à 1 m en aval (1188 kg/ha) sont plus élevés et équivalents au rendement obtenu sur les parcelles de 2 ans. Par ordre décroissant viennent ensuite le rendement à 15 m en amont soit 6 m à l'aval (1076 kg/ha), le rendement le plus bas (884 kg/ha) étant enregistré au milieu de l'interdiguette (10m en amont). On constate donc qu'à proximité de la diguette (amont ou aval) les rendements sont généralement plus élevés. On remarque cependant que le plus faible rendement obtenu au milieu de l'interdiguette surclasse fortement le rendement du témoin (884 contre 250 kg/ha).

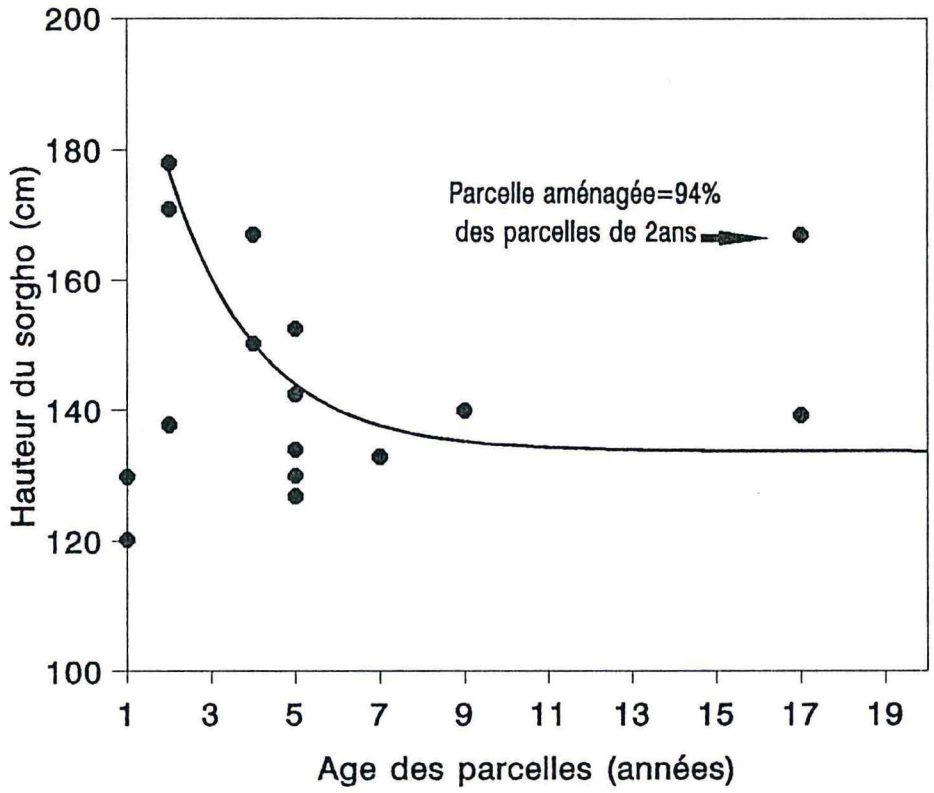


Figure VIII.8: Productivité de la parcelle aménagée comparée à celle de la des autres parcelles de la chronoséquence (Parcelles de caractérisation).

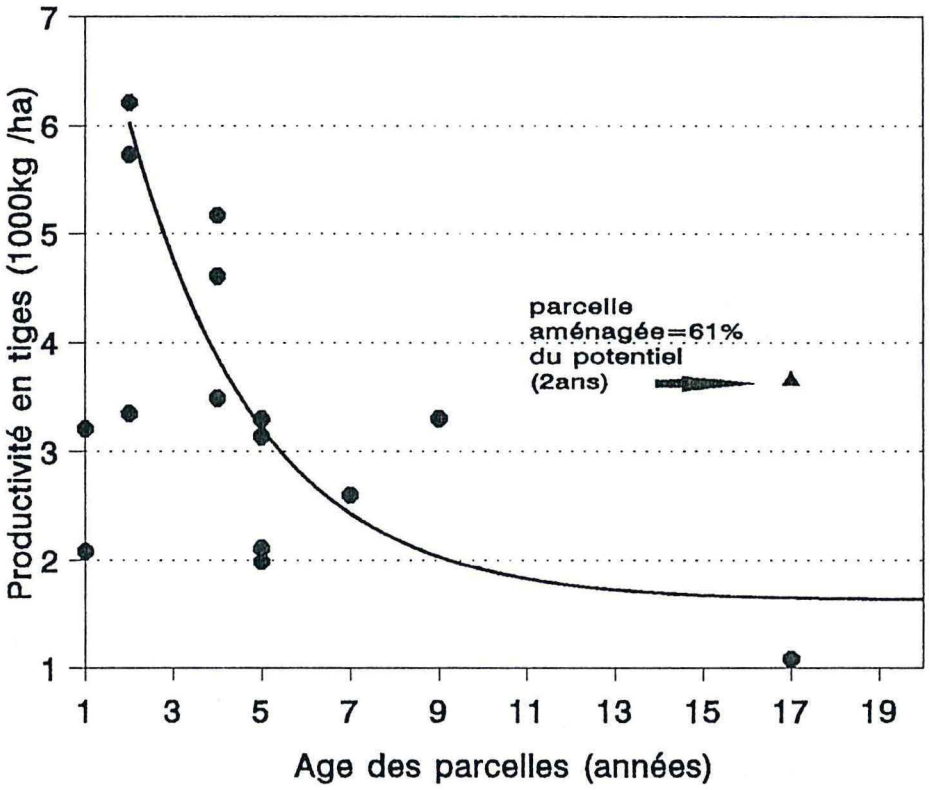


Figure VIII.9| Productivité en tiges de la parcelle aménagée comparée à celle des autres parcelles de la chronoséquence (parcelles de caractérisation).

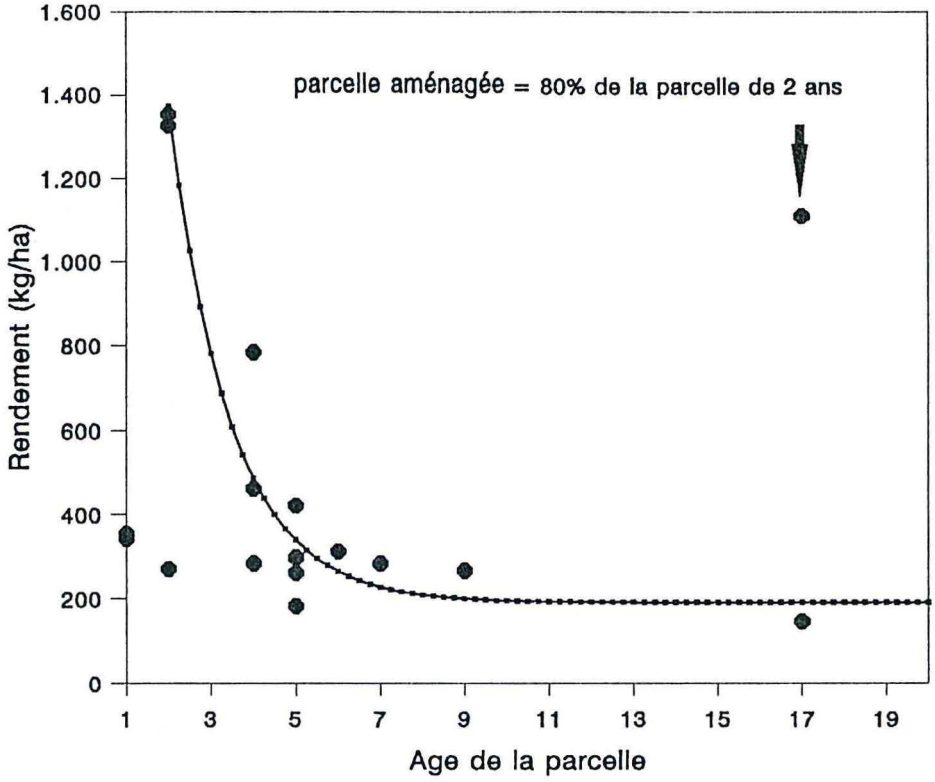


Figure VIII.10 Productivité en grain de la parcelle aménagée comparée à celle des autres parcelles (Parcelles de caractérisation).

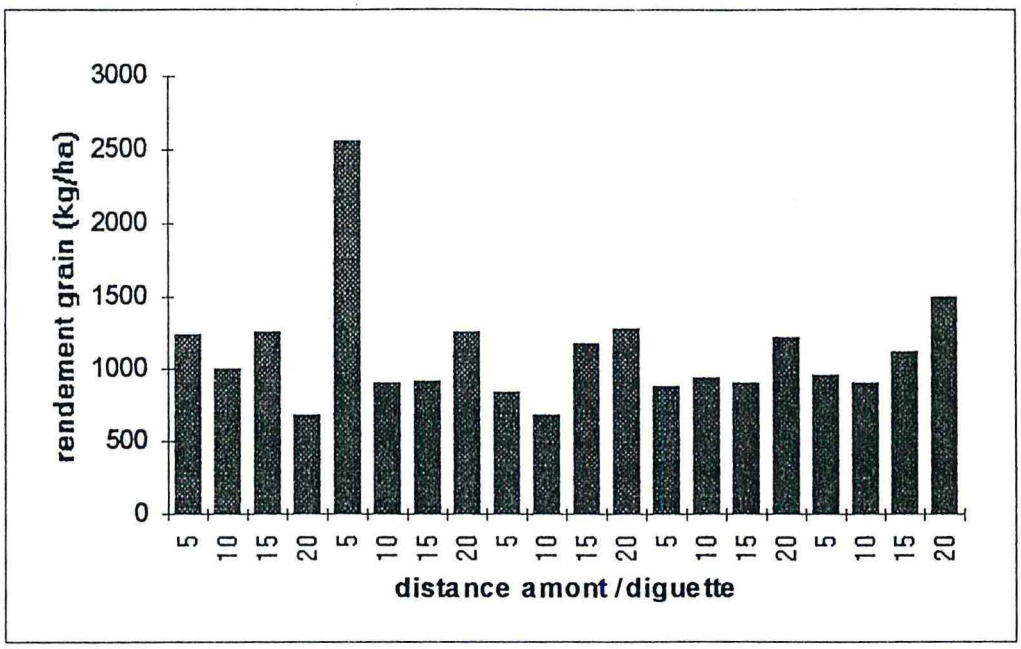


Figure VIII.11: Variation de la productvité observée à différentes distance des diguettes.

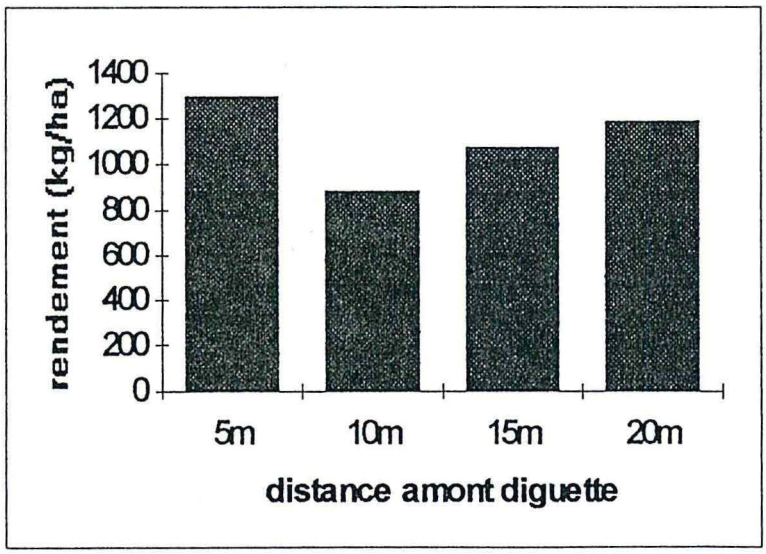


Figure VIII.12: Productivité moyenne du sol en sorgho grain à différents distances de la diguette.

3. DISCUSSION

Plus haut, on a vu que le ruissellement était modéré et l'infiltration importante sur les nouvelles défriches et, d'une façon générale sur les jeunes parcelles du fait d'une teneur en M.O plus élevée, d'une plus grande stabilité structurale, d'un bon état de surface et d'une meilleure porosité. L'humidité plus importante relevée sur les nouvelles défriches correspond à une meilleure infiltration de l'eau sur les jeunes parcelles. Sur les anciennes parcelles, assujetties à un fort ruissellement, la construction de diguettes anti-érosives filtrantes ralentit considérablement le ruissellement. En effet, une forte proportion de l'eau piégée entre les diguettes ne peut que s'infiltrer. Aussi la parcelle aménagée présente-t-elle un profil plus humide que le témoin.

A chaque épisode pluvieux, les cordons pierreux étant construits selon les courbes de niveau, l'eau de l'interdiguette, soumise à la gravité, stagne préférentiellement à l'amont immédiat de la diguette. Ceci est à l'origine de la disparité des profils hydriques observée en début de campagne, le profil à 5 m présentant la plus forte humidité.

Au mois d'Août, en milieu de saison de pluies, l'infiltration cumulée de l'eau de pluie retenue grâce aux diguettes a pratiquement saturé l'ensemble de la parcelle. Les profils réalisés en divers endroits de la parcelle sont semblables. "L'effet aménagement" a donc tendance à homogénéiser l'ensemble de la parcelle.

En fin de saison, la dessiccation des profils commence. Les profils se dessèchent d'autant plus lentement qu'ils sont proches d'une diguette (en amont ou en aval). Ainsi le profil placé au milieu de l'interdiguette présente-t-il le profil le plus sec.

Les différences d'humidité observées à l'intérieur de la parcelle aménagée se sont reflétées sur le rendement. On peut ainsi s'apercevoir que la productivité à 5 m en amont et à 1 m en aval des diguettes avoisine le rendement optimal obtenu sur les parcelles de 2 ans.

En dépit des différences observées à différentes distances des diguettes en début et fin de cycle cultural, on peut affirmer que le statut hydrique du sol s'est fortement amélioré sur l'ensemble de la saison des pluies. La disponibilité en eau et l'application du compost a reconstitué en grande partie (70% en première année) le potentiel de productivité de cette parcelle dégradée par 17 ans de culture continue.

La restauration de la fertilité des sols dégradés passe donc par un apport de M.O (dont la minéralisation libère de l'azote, du phosphore et des bases échangeables pour les cultures) mais surtout par amélioration des propriétés physiques notamment hydrodynamiques du sol.

La technique de fabrication du compost est déjà connue dans le village de Thiougou et pratiquée par 42% des agriculteurs (INERA, 1992). Mais le compost produit demeure de faible quantité et ne bénéficie qu'aux champs de cases et de village en raison des difficultés de transport. Il existe cependant la possibilité de produire au champ le compost par la technique du parc d'hivernage (Berger et al., 1987). Cette technique est d'autant plus réalisable que le village de Thiougou, comme tous les fronts pionniers en général, compte un nombre important de têtes de bétail lié à l'acquisition de boeufs de trait mais surtout à la présence d'une communauté de pasteurs éleveurs (les peulhs). Dans la technique du parc d'hivernage, le matériau résultant de l'écrasement des tiges par le piétinement des bovins est mélangé aux déchets animaux et permet de récupérer 1,5 fois le tonnage des résidus initiaux. Aussi, avec une moyenne de 4 tonnes de matière première produite à l'hectare on obtient 6 tonnes de fumier ayant au minimum 30% de matière organique très évoluée. En ce qui concerne la lutte anti-érosive, la construction de cordons pierreux se révèle efficace mais requiert une main d'oeuvre importante. En effet l'aménagement de la parcelle est revenu à 288 heures de travail par hectare (le transport étant assuré par une camionnette). Des études en cours dans le centre nord du pays tendent à proposer des écartements interdiguettes plus importants (30 à 40 m). Ces équidistances réduiraient très sensiblement le coût. Mais la construction d'ouvrages anti-érosifs restera toujours très exigeante en main-d'oeuvre et difficilement réalisable au niveau des exploitations prises individuellement. En revanche une action communautaire peut venir à bout de ce travail.

4. CONCLUSION

Les anciennes parcelles dégradées par une longue culture continue peuvent être remises en valeur pour la production agricole. Les cordons pierreux ont réduit fortement le ruissellement et l'érosion et favorisé l'infiltration surtout aux périodes critiques de début et de fin de cycle. L'apport de matière organique est nécessaire car dans ces sols à dominance kaolinite, la M.O constitue la principale source d'azote, de phosphore et de bases échangeables pour les cultures et contribue à la rétention de l'eau et au maintien d'un état de surface satisfaisant.

La disponibilité en eau et en éléments nutritifs assurée par la combinaison diguettes anti-érosives et application de compost restaure le potentiel de production (70% de l'optimum). La production de matière sèche obtenue (plus de 3 t/ha), si elle n'est pas exportée de la parcelle permettrait de reconstituer à terme le stock organique du sol. La restauration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol seraient amorcées. Le processus de dégradation s'estomperait et la tendance s'inverserait en faveur d'une amélioration de la fertilité du sol.

PARTIE IV:

SYNTHESE ET CONCLUSIONS GENERALES

A. SYNTHESE

En région semi-aride la pression démographique et la dérive climatique entraînent une demande croissante de nouvelles terres pour la production agricole. Or, la mise en culture non raisonnée de terres vierges peut entraîner une dégradation importante des sols. Ce travail, qui s'inscrit dans cette problématique, s'était fixé pour objectif d'étudier l'évolution de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux dans les conditions de l'agriculture locale, hors du contexte des dispositifs en conditions contrôlées

1. LES CONDITIONS GENERALES DE L'ETUDE

Le travail a été effectué en région nord-soudanienne au sud du Burkina Faso où le climat est caractérisé par deux saisons contrastées: une longue saison sèche d'environ 8 mois et une brève saison humide de 4 mois. La pluviosité moyenne fluctue entre 750 et 850 mm depuis les deux dernières décennies. L'agressivité des pluies y est forte. La moyenne des températures est élevée (28°C). La recherche a été conduite dans le terroir villageois de Thiougou, un front pionnier, où se juxtaposent terres cultivées d'âges différents et terres vierges. Le choix du front pionnier a été réalisé à partir d'enquêtes et confirmé par des observations d'images satellitaires. Le terroir a été ensuite couvert par une étude pédologique qui a abouti à une carte des sols au 1/20000. Suite à une revue bibliographique qui a permis d'établir le caractère climacique de ces sols, leur forte représentativité et leur importance agricole dans la région semi-aride, l'étude a porté sur les sols ferrugineux tropicaux . Puis un plan cadastral a été établi au moyen de photos aériennes et d'enquêtes. Cela a permis de répertorier les champs de brousse situés sur l'unité de sol retenue. Ainsi a-t-il été possible de repérer une chronoséquence qui était constituée de champs de brousse de durée d'exploitation croissante depuis la végétation naturelle de savane arborée (0 an) jusqu'à la parcelle cultivée depuis 17 ans en culture attelée et sans restitution organique ni fertilisation minérale.

Les analyses en laboratoire des échantillons de terre des parcelles de cette chronoséquence ont permis de caractériser la fertilité physique et chimique. La productivité de l'ensemble des parcelles a été mesurée à partir de cultures de sorgho. Des mesures de ruissellement et des observations sur l'état de surface du sol et les adventices ont été effectuées. Un essai de restauration a été mené à l'aide d'une technique combinée de lutte anti-érosive et de fertilisation organique associant des diguettes et l'application de compost.

2. RESULTATS

2.1. DEGRADATION DES SOLS

Le taux initial de matière organique sous végétation naturelle est d'environ 1%. La mise en culture s'accompagne d'une chute brutale de ce taux qui décroît de manière exponentielle. Il est divisé par deux en 4 à 6 ans de culture. La baisse très rapide du taux de matière organique est induite par plusieurs facteurs liés au milieu physique et aux pratiques agricoles qui caractérisent le site de Thiougou. En effet, l'humidité en saison des pluies et les températures élevées du climat nord-soudanien favorisent la minéralisation (Fauck et *al.*, 1969; Feller, 1977). Par ailleurs, le caractère sableux du sol de Thiougou contribue à accélérer la cinétique de dégradation des matières organiques (Feller et al., 1991). De plus, la culture attelée, dans un contexte de monoculture céréalière, exacerbe les processus de minéralisation (Charreau et Nicou, 1971; Pieri, 1989). Du fait de l'agressivité des pluies, l'érosion est un facteur primordial de perte de matière organique. Par ailleurs le taux d'argile est faible, l'argile dominante dans ces sols, la kaolinite, a une faible capacité d'échange et présente généralement de faibles teneurs en bases échangeables. Aussi la matière organique constitue la principale source d'éléments échangeables et d'eau utilisable. La diminution brutale de la teneur en matière organique entraîne donc une baisse tout aussi brutale de la capacité d'échange, des teneurs des éléments nutritifs du sol (azote, phosphore) et une diminution de l'eau utile. La conséquence est un appauvrissement chimique général du sol des parcelles cultivées et une diminution du pH (5,3 après 7 ans de culture).

La baisse du taux de matière organique entraîne une augmentation de l'instabilité structurale superficielle et par conséquent une destruction de la structure du sol, observable après 4 à 6 ans. L'effet réducteur des opérations culturales (sarclage, buttage) vis-à-vis du ruissellement, évident sur les nouvelles parcelles, devient d'autant plus fugace que les parcelles sont âgées. Les propriétés hydrodynamiques se dégradent, l'infiltration diminue, le ruissellement, de 13% sur les nouvelles parcelles augmente jusqu'aux environs de 40% après 17 ans d'exploitation continue de la parcelle. Le pédoclimat s'aridifie. L'érosion au départ diffuse et insidieuse sur les jeunes parcelles, prend sur les anciennes parcelles des formes nettes, incisives. Des taches d'infertilité ("Zipellé" en langue locale) apparaissent sur les parcelles. Il s'ensuit un déficit hydrique. L'alimentation hydrique ne permet plus l'optimum de productivité, qui s'effondre très rapidement pour atteindre des valeurs planchers: le rendement grain chute de 1300 kg à 250 kg/ha; la productivité en tiges de 5000 kg à 1000 kg/ha et celle des racines de 800 kg à 200 kg/ha

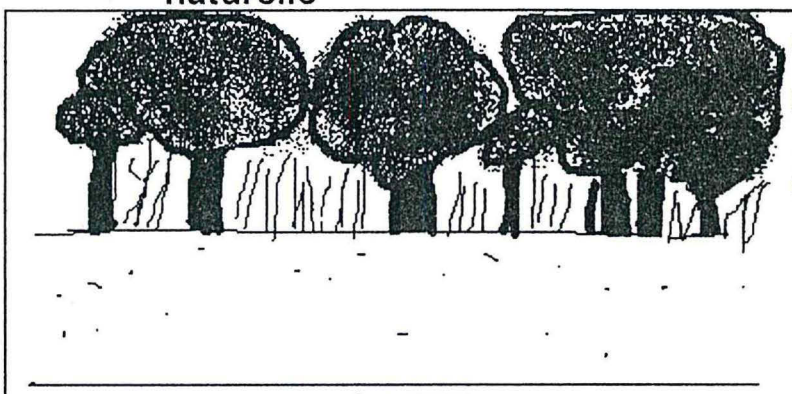
Mais généralement avant que la fertilité physique et chimique ne soient totalement dégradées et le champ du paysan transformé en "Zipellé", des adventices adaptées au pédoclimat dégradé, très compétitives des plantes cultivées, investissent la parcelle, concourant à la baisse de la fertilité. Sur certaines parcelles cette dégradation peut devenir une contrainte majeure. Ainsi, il arrive que des agriculteurs soient littéralement "chassés" de leur parcelle par des adventices calamiteuses comme *Striga hermontica et Digitaria horizontalis.*

L'évolution ainsi mis en évidence ne nous semble pas propre aux sols ferrugineux tropicaux modaux du seul terroir de Thiougou. L'ensemble des sols tropicaux, à quelques nuances près, devraient connaître une évolution semblable après la mise en culture. En effet, on constate qu'après la rupture de l'équilibre écologique provoqué par le défrichage d'une terre vierge, ce sont les facteurs climatiques notamment les conditions d'humidité et de fortes températures, favorables au développement des micro-organismes, qui déclenchent une intense minéralisation de la matière organique et une dégradation de la fertilité. Les facteurs de dégradation de la fertilité des sols en régions semi-aride sont la texture sableuse du sol, les pratiques agricoles notamment le travail du sol à la culture attelée (labour, billonnage, sarclage, buttage), la monoculture céréalière, la non restitution des résidus de récolte, l'absence de fertilisation et de précautions pour lutter contre le ruissellement et l'érosion. Pour l'essentiel ce sont donc des éléments extérieurs qui déterminent la dégradation des sols. Aussi, peut-on affirmer que les sols ferrugineux, sous ce climat nord-soudanien, soumis à une monoculture céréalière, sans restitution organique ni utilisation d'engrais minéral, verront leurs propriétés physiques et chimiques essentielles évoluer selon un modèle exponentiel décroissant (figure de synthèse page suivante).

Dans le terroir de Thiougou, les parcelles ne sont généralement guère cultivées pendant plus de 6 à 8 ans. Or dans la chronoséquence figuraient des parcelles âgées de plus de 8 ans. Ces parcelles de plus de 8 ans étaient donc "exceptionnellement" toujours exploitées en raison de leur fertilité résiduelle "satisfaisante". Aussi, peut-on considérer que, l'ensemble des fonctions de modélisation de l'évolution des différents paramètres de fertilité, ainsi mis en évidence, constitue une hypothèse favorable. Dans l'hypothèse défavorable (durée d'exploitation des parcelles limitée à 6-8 ans), il est probable que les fonctions de modélisations de l'évolution des paramètres de la fertilité présenteraient des vitesses de dégradation encore plus accélérée. Par ailleurs on devrait aussi noter que l'érosion, non contrôlée, peut brutalement remettre tout en cause.

SCHEMA DE SYNTHESE

Sol ferrugineux tropical sous végétation naturelle



ligneux = 30 t/ha

Herbacées = 15 t/ha

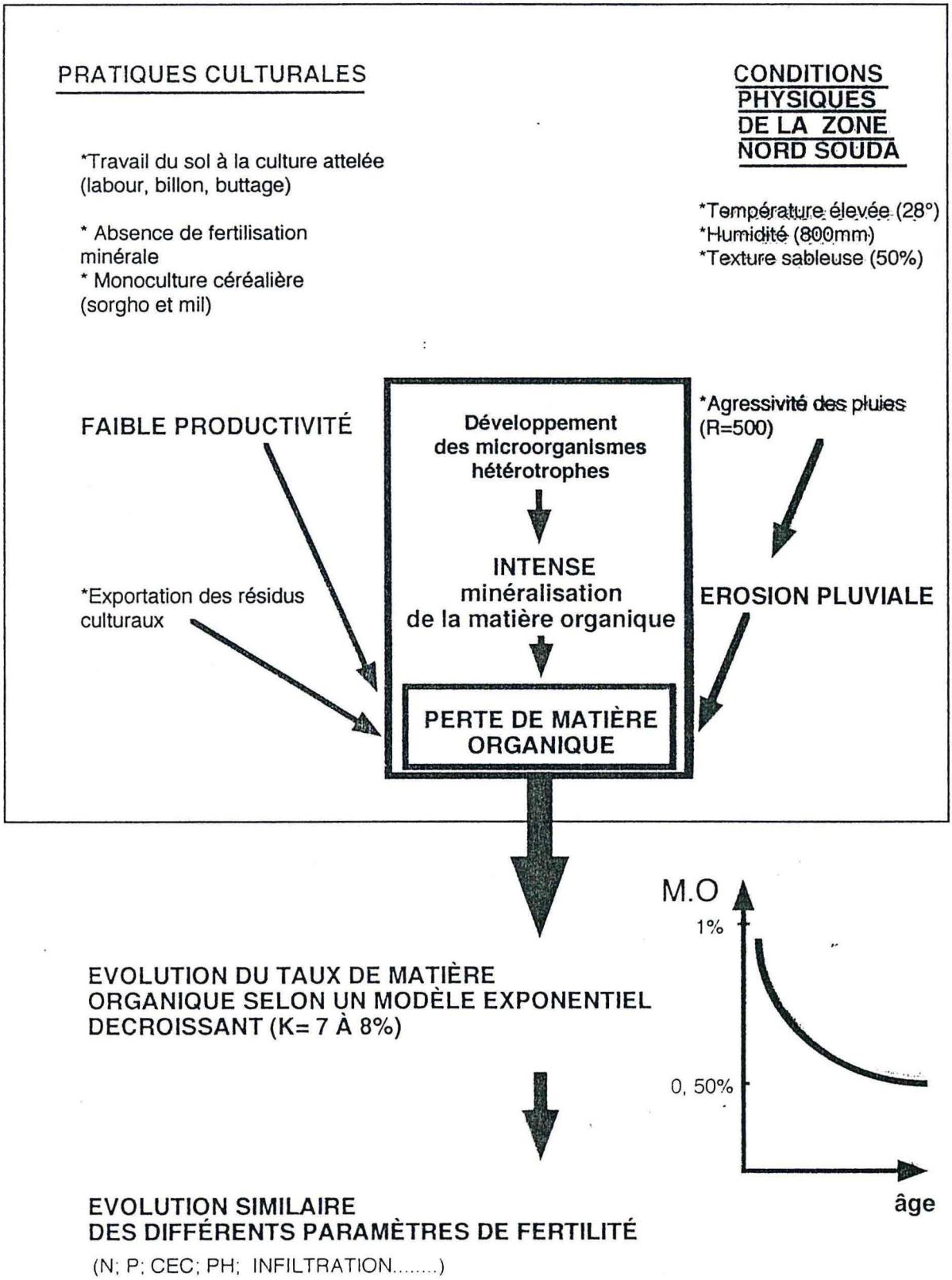
(Lamotte et Bourlière, 1985)

CARACTÉRISTIQUES

chimiques	physiques	biologiques
M.O = 1% N total = 0,37%° P.ext = 3 mg/kg cec = 4 méq/100g Sat = 72% pH = 6.7	Sable = 51% Limon = 39% argile = 10% Porosité = 40% ISS = o Pellicules = o% Ruissellement = 13%	"Adventices" = Herbacées de la végétation naturelle avec dominance de *Andropogon gayanus*

DEFRICHEMENT

= RUPTURE DE L'EQUILIBRE ECOLOGIQUE


PRATIQUES CULTURALES
*Travail du sol à la culture attelée (labour, billon, buttage)
* Absence de fertilisation minérale
* Monoculture céréalière (sorgho et mil)
CONDITIONS PHYSIQUES DE LA ZONE NORD SOUDA
*Température élevée (28°)
*Humidité (800mm)
*Texture sableuse (50%)
FAIBLE PRODUCTIVITÉ
Développement des microorganismes hétérotrophes
INTENSE minéralisation de la matière organique
PERTE DE MATIÈRE ORGANIQUE
*Agressivité des pluies (R=500)
EROSION PLUVIALE
*Exportation des résidus culturaux
M.O
1%
0, 50%
âge
EVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE SELON UN MODÈLE EXPONENTIEL DECROISSANT (K= 7 À 8%)
EVOLUTION SIMILAIRE DES DIFFÉRENTS PARAMÈTRES DE FERTILITÉ
(N; P; CEC; PH; INFILTRATION.....)

SELON CE MODELE, EN 5 À 6 ANS DE CULTURE CONTINUE, L'EVOLUTION EXPONENTIELLE DECROISSANTE DES PARAMETRES DE FERTILITE ATTEINT UN PLANCHER

STRIGA HERMONTICA

grain = 250 kg/ha
tiges = 2 000 t/ha
racines = 200 kg

Faible productivité liée aux conditions nutritionnelles et d'alimentation hydriques défavorables

CARACTÉRISTIQUES

CHIMIQUES	PHYSIQUES	BIOLOGIQUES
M.O = 0,5 %	Sable = 57%	Adventices = Digitaria horizontalis
N = 0,25%°	Limon = 36%	
P.ext = 1,5 mg/kg	Argiles = 7%	
CEC = 2 méq	Porosité = 40%	
Sat = 50%	ISS = 15	
pH = 5,5	Pellicule = 11%	
	Ruissellement = 34 %	

Deficit d'éléments nutritifs → **Carences**

"Aridification "du pédoclimat → **"Zipelle"**

2.2. LES SOLUTIONS POTENTIELLES CONTRE LA DEGRADATION DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX.

Il ressort de nos travaux que la baisse de la teneur en matière organique est le moteur de la dégradation de la fertilité des sols. Par conséquent il est indispensable de tout mettre en oeuvre pour maintenir un taux satisfaisant. Néanmoins, il convient de définir le seuil optimal de matière organique assurant une agriculture viable et tenant compte des stocks de résidus organiques disponibles. En première analyse, le taux optimal à rechercher pourrait être celui observé dans les sols sous végétation naturelle où un état d'équilibre semble atteint à condition qu'un tel objectif soit possible pratiquement. La reproductibilité du système de culture étudié est donc conditionné en particulier par sa capacité de compensation des pertes de matière organique par minéralisation. Seuls les produits organiques à C/N bas, résistants à l'action des micro-organismes comme le fumier, le compost et les résidus radiculaires sont susceptibles d'améliorer le bilan organique (Gigou, 1982; Cissé, 1986; Ganry, 1990; Hien, 1990; Sedogo, 1993). Jusqu'à présent la technique de culture itinérante et par conséquent de la jachère de longue durée, adoptée par les agriculteurs, est une des solutions du problème de dégradation. En effet une longue jachère permet une restitution importante de matière organique par la biomasse végétale aérienne mais surtout par son apport radiculaire évalué à plus de 5 tonnes/ha (Menaut et César, 1979; San Jose et al., 1982). Or c'est par le biais des résidus radiculaires que s'accumulent les polysaccharides stabilisateurs des agrégats des sols de jachère (Sedogo,1993). Ainsi une jachère de 10 ans restitue au sol sa stabilité structurale (Valentin, 1989). Les courtes jachères de moins de 6 ans n'ont guère d'action amélioratrice tangible sur la structure du sol mais elles enrichissent le sol en matière organique et en azote et réduisent le taux de perte annuel de la matière organique (Pieri, 1989).

Mais l'agriculture itinérante avec la pratique de la jachère qui subsiste encore sur les fronts pionniers est appelée à disparaître pour laisser place à une agriculture sédentarisée, intensive. L'intensification est en effet un passage obligé eu égard au caractère fini de l'espace agricole face à une pression démographique toujours croissante.

Dans l'immédiat, le faible niveau d'intensification conduit à estimer que la compensation organique pourrait se faire par récupération des résidus organiques présents sur l'exploitation que l'on transformerait in situ en compost par la technique du parc d'hivernage (Berger et al., 1987). D'où la nécessité d'une intégration agriculture-élevage.

Mais toute tentative de restauration de la fertilité chimique serait vaine si on ne maîtrisait pas le ruissellement et l'érosion. La technique des diguettes en cordons pierreux que nous avons expérimentée nous semble particulièrement indiquée pour la zone. Elle favorise l'infiltration sans faire courir le risque d'hydromorphie aux plantes. De plus, elle a toujours montré une plus grande longévité que d'autres techniques comme celle des bourrelets de terre. Son efficacité peut être renforcée par la "végétalisation" avec des graminées et mieux avec des légumineuses. La contrainte majeure dans l'application de cette technique est sa forte consommation en main d'oeuvre que l'on peut résoudre au moyen de travaux collectifs concertés et programmés.

B. CONCLUSION GENERALE

L'analyse à laquelle nous nous sommes livrés à travers "l'observatoire agronomique" constitué de situations agricoles concrètes sur un front pionnier a permis d'atteindre l'essentiel des objectifs. Au-delà de la variabilité liée au milieu naturel, l'enseignement que l'on peut en tirer est très cohérent. On accède ainsi à une vision unifiée du problème de l'évolution de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux dans cette zone semi-aride. En effet, les résultats montrent que sous l'effet du climat et des pratiques culturales, de l'importante activité microbiologique liée à l'alternance saisonnière, la biodégradation de la matière organique est accrue. Le défrichement suivi, de la mise en culture continue, provoque une chute exponentielle des teneurs en matière organique et en éléments nutritifs de l'horizon Ap. La structure du sol se fragilise, le ruissellement et son corollaire, l'érosion sévissent. La conséquence majeure est une tendance à "l'aridification" du pédoclimat avec une augmentation du risque dévastateur du processus érosif. Dans certaines situations, avant que la parcelle ne devienne stérile, l'avènement de certaines espèces d'adventices peut se révéler très contraignant. Le maintien du bilan organique pour réduire les risques de dégradation est indispensable.

On ne devrait pas cependant en conclure que le maintien voire l'amélioration de la productivité des sols est une impossible gageure. Nous avons prouvé en effet que ces terres, sont capables de porter des récoltes cinq fois supérieures à celle du témoin dégradé. Ce constat basé sur des résultats expérimentaux est fondamental. Il revient à affirmer qu'une agriculture pluviale continue et productrice est techniquement réalisable, selon des méthodes culturales proches de celles déjà existantes et qui, à terme, permettent au sol de se régénérer. Il existe donc des solutions potentielles qui doivent toutes prendre, la forme de combinaisons de techniques d'économie de l'eau à la parcelle, de lutte anti-érosive, d'apport d'amendements organiques à C/N bas comme le compost, le fumier et les résidus radiculaires.

Sur les fronts pionniers, l'importance du cheptel bovin des pasteurs peulhs et du nombre important des animaux de trait liée à la pratique de la culture attelée constitue un potentiel considérable de production de fumier et de compost. Ce potentiel pourrait être valorisé à travers une meilleure collaboration agriculteurs-éleveurs. La construction des ouvrages anti-érosifs à l'échelle du terroir, en raison de sa forte exigence en main d'oeuvre, ne peut être entreprise que par la collectivité villageoise toute entière. Mais eu égard aux faibles moyens de transport des agriculteurs, l'appui de l'Etat ou des ONG s'avère indispensable. Un début de preuve de faisabilité d'une telle entreprise dans les conditions socio-économiques des paysans est apporté par les exemples d'aménagement de terroirs entiers en chantier dans certaines provinces du nord et centre-nord du Burkina (Yatenga, Passoré et Sanmatenga).

A la suite de ce travail, plusieurs études devraient être poursuivies en vue de proposer des alternatives plus performantes, peu coûteuses et adaptées aux agriculteurs. A ce titre, contre le phénomène de l'érosion, on pourrait tester, sur les nouvelles défriches, la technique du défrichement raisonné et des bandes enherbées. Pour la production de matière organique il est nécessaire d'approfondir le sujet du compostage in situ. L'association arbres-cultures avec des essences ligneuses à usages multiples est aussi une voie à explorer. Pour la gestion de la matière organique, la technique du "Zaï"* utilisée avec succès dans le nord du plateau central burkinabè pourrait être testée dans le terroir. Dans tous les cas, toutes ces études devraient être accompagnées d'études socio-économiques pour mieux préciser les conditions de faisabilité et d'adoption des technologies potentielles.

Quoiqu'il en soit, nous sortons de cette étude, encore plus confortés dans le sentiment que l'avenir de l'agriculture en Afrique sub-saharienne passe par un système de production intégrant les cultures, l'arbre et le troupeau et dont la diffusion sur des milliers de kilomètres rejetteraient l'image habituelle du divorce entre l'agriculture et l'élevage.

---

* Zai (en langue locale mossi) est une technique locale de fertilisation et d'économie de l'eau au pied des plantes. Elle consiste à creuser, à l'emplacement des poquets, des trous d'environ 20 cm de diamètre sur 15 cm de profondeur. Les trous sont à moitié remplis de matière organique (fumier ou compost). Le semis est réalisé dans ces trous. Ces microbassins permettent aux plantes de pousser et de se développer convenablement grâce à l'eau captée et à la fertilisation organique. Des Zipéllés sont ainsi remis en valeur pour la production agricole dans le nord du Plateau Central burkinabè.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AKOBUNDU I.O., 1979. Weed control in Nigeria. Pans 25 (3): 287-298.

ARRIVETS J., 1976. Exigences minérales du sorgho. Etude d'une variété voltaïque à grande tige. L'Agron. Trop., 31 (1); 29-16.

ARROUAYS D., KICIN J.L., PELISSIER Ph., VION I.,1994. Evolution des stocks de carbone des sols après déforestation: analyse spatio-temporelle à l'échelle d'un paysage pédologique. Association Française pour l'étude du Sol, vol. 2, 68p.

AYANABA A., OKIOBO BN.,1975. Paillage du sol pour améliorer la fertilité et accroître la production végétale. Emploi de matière organique comme engrais. Bulletin Pédologique. FAO n°27:105-119.

BADIANE NIANE A., 1993. Le statut organique d'un sol sableux de la zone centre-nord du Sénégal. Thèse Doctorat INPL,144p.

BAMBARA D., 1993. Dynamique de la matière organique selon les systèmes de culture dans les sols agricoles du finage de Thiougou: Approche quantitative. Mémoire de Fin d'Etudes IDR. 100p.+ annexes. Ouagadougou, Burkina Faso.

BERGER M., BELEM P.C., DAKOUO D., HIEN V., 1987. Le maintien de la fertilité des sols dans l'ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture élevage. Cot. Fibr. Trop., 42 (3): 201-207.

BERTRAND R., NABOS J., VICAIRE R.; 1972. Exportations minérales par le mil et l'arachide. Conséquences sur la définition d'une fumure d'entretien du sol ferrugineux tropical développé sur matériau éolien à Tarna (Niger). L'Agron. Trop., 27 (12): 1287-1304.

BERTRAND R., 1986. Les ressources en sols des régions soudano-sahéliennes. Montpellier IRAT, 23p.

BIGOT Y., POULAIN J.F., 1981. Evolution des sols sous culture pluviale "encadrée" sur défriche récente, dans l'extrême nord de la Côte-d'Ivoire; comparaison avec l'évolution sous culture traditionnelle. Bouaké, IDESSA, 12p.

BLONDEL D., 1971. Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral en sol sableux (Dior) au Sénégal. L'Agron. Trop. 26 (12): 1303-1333.

BOFFA J.M., 1995. Productivity and management of agroforestry parklands in the Sudan savana zone of Burkina Faso, West Africa. Ph.D dissertation, Purdue University, Department of Forestry and National Resources, West Lafayette, Indiana, USA. 192 p.

BOTTLIKOVA., DAGET P., DRDOS J., GUILLERM J.L., ROMANEF., RUZICKOVA H., 1976. Quelques résultats obtenus par l'analyse factorielle et les profils écologiques sur les observations phyotécologiques recueillies dans la vallée de Liptov (Tchecoslovaquie). Vegetatio 31,2: 79-91.

BOULET R., FAUCK R., KALOGA B., LEPRUN J.C., 1969. Etude pédologique de la Haute-Volta. Rapport général de synthèse. ORSTOM-Dakar. Min.Eco.Nat. Direction du Génie Rural. Haute-Volta. 30p. multigr.

BRUNET-MORET Y., 1963. Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale: République de Haute-Volta. Rapport CIEH-ORSTOM, 23p.

BRUNET-MORET Y., 1967. Etudes générales des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale. République de Côte-d'Ivoire. Rapport ORSTOM/CIEH, multigr., juin, 1967, 20p., 11 graph.

BUNASOLS (Bureau National des Sols), 1985. Etat de connaissance de la ferilité des sols du Burkina Faso. Document technique n° 1, 47 p. Ouagadougou, Burkina Faso.

CASENAVE A. et VALENTIN C., 1988. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. CEE/ORSTOM, 202p. multigr.

CASENAVE A. et VALENTIN C., 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. ORSTOM Paris, sér. Didactiques, 230p. + Annexes.

CHABALIER P.F., LECONTE B., ARNAUD M.,1981. Enquête réalisée en 1980 en milieu paysan (zone de Korogho) sur la fertilité des sols, l'efficience de la fertilisation NPK sur le maïs, la probabilité de réponse à l'amendement. Bouaké IDESSA, n.p.

CHARREAU C., VIDAL P., 1965. L'influence de l'*acacia albida* Del. sur le sol, nutrition minérale et rendements des mils *pennisetum* au Sénégal. L'Agron. Trop. 20 (6-7): 600-625.

CHARREAU C., NICOU R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. Bulletin Agronomique, n° 23, 254 p. IRAT, Paris.

CHARREAU C., 1972. Problèmes posés par l'utilisation agricole des sols tropicaux par des cultures annuelles. L'Agron. Trop., 27 (9): 905-929.

CHOPART J.L., 1980. Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (archide-mil-sorgho-riz pluvial). Thèse de doctorat productions végétales et qualité des produits, Institut National Polytechnique de Toulouse, 160p. et annexes.

CHOPART J.L., 1983. Etude du système racinaire du mil (*pennisetum typhoides)* dans un sol sableux du Sénégal. L'Agron. Trop. 38 (1): 37-46.

CISSE L. ,1986. Etude des effets d'apport de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du centre-nord du Sénégal. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 184P.

COMBARI A., 1987. Contribution à l'étude de la germination et des moyens de lutte contre le *Striga hermonthica* et le *Striga gesnerioides* . Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 149P.

CRETENET M., DUREAU D., TRAORE B., DIALLO D., 1994. Fertilité et fertilisation dans la région sud du Mali: du diagnostic au pronostic. Agriculture et Développement N° 3: 4-12.

CRETENET M., VAISSAYIRE M., 1986. Modèle de décision appliqué à l'interaction entre fertilisation minérale et protection phytosanitaire en culture cotonnière. Coton Fibr. trop., 41 (2): 86-89.

DABIN B. 1963. Appréciation des besoins en phosphore des sols tropicaux. Les formes du phosphore dans les sols de Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, Série pédologique, 3, 27-42.

DAGET P., GODRON M., GUILLERM J.L., 1972. Profils écologiques et information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques. 14° Symposium, Assoc. Inter. Phytosociologie Rintel/Weser (1970) Verlag, 121-149.

DAGET P., GODRON M.,1982. Analyse de l'écologie des espèces dans la communauté. Collection d'écologie, Masson, Paris, 163p.

DANCETTE C., POULAIN J.F., 1968. Influence de l'acacia albida sur les facteurs pédoclimatiques et les rendements des cultures Sols Africains., 13 (3): 197-239.

DELASSUS M., 1972. Méthodes de lutte contre le striga. Agron. Trop. 27 (2): 249-254.

DEMBELE B., 1988. Aspects biologiques et agronomiques de deux Scrophulariacées parasites tropicales: Striga hermonthica (Del.) Benth. et Striga gesnerioides (Willd.) Vatke. Thèse Docteur ingénieur, option : protection des végétaux. ENSA Montpellier 100p.

DEMOLON A., 1960. Principes d'agronomie. Tome I: Dynamique du sol. Dunod, 520 p.

DJEGUI N., de BOISSEZON P., GAVINELLI E., 1992. Statut organique d'un sol ferrallitique du Sud-Bénin sous forêt et différents systèmes de cultures. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. vol. 27 (1): 5-22.

DOMMERGUES Y., 1956. Etude de la biologie des sols de forêts tropicales sèches et de leur évolution après défrichement. *In*: Sixième congrès international de science du sol, Paris, France, 1956. Paris, Association internationale de science du sol, p. 605-610 (vol. 5 n°98).

DOMMERGUES Y., MANGENOT F.1970. Ecologie microbienne du sol. Paris, Masson, 795p.

DUCHAUFOUR Ph., 1991. Précis de pédologie, sol, végétation, environnements (3° édition). Masson, Paris, 289p.

DUGUE P., 1985. Préparation du sol en zone sahélo-soudanienne, atouts et contraintes. *in*: atelier FSU-SAFGRAD sur les technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides d'Afrique Occidentale, Ouagadougou, Burkina Faso. 2-5 Avril 25p.

DUVIGNEAUD P., 1974. La synthèse écologique. Populations, communautés, écosystèmes, biosphère. Ed. Doin, Paris ,296p.

EGOUMENIDES C., RISTERUCCI A., MELEBOU K.E., 1987. Appréciation de la fertilité azotée des sols tropicaux: étude des fractions organiques de l'azote. L'Agron. Trop. 42 (2): 85-93.

ELHAI H.,1968. Biogéographie. Armand Colin, Paris, 404p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 1977. Assesing soil degradation. FAO soils Bulletin n° 34, Rome.

FAUCK R., MOUREAUX C., THOMANN C., 1969. Bilans de l'évolution des sols de Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze ans de culture continue. L'Agron. Trop., 24 (3): 263-301.

FELLER C., 1977. Evolution des sols de défriche récente dans la région des terres neuves (Sénégal oriental). II. Aspects biologiques et caractéristiques de la matière organique. Cah. ORSTOM, Sér. pédol., 17 (4): 339-346.

FELLER C. et MILLEVILLE P.,1977, Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres neuves (Sénégal oriental). I. Présentation de l'étude et évolution des principales caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. Cah.ORSTOM. Sér. Biol., 12 (3): 199-211.

FELLER C.,BERNHARDT-REVERSAT F., GARCIA J.L., PANTIER J.J., ROUSSOS S., VAN VLIET-LANOE B., 1983. Etude de la matière organique de différentes fractions granulométriques d'un sol sableux tropical. Effet d'un amendement organique (compost) Cah. ORSTOM, Ser. Pédol., 20 (3):223-238.

FELLER C., FRITSCH E., POSS R., VALENTIN C., 1991. Effets de la texture sur le stockage et la dynamique de matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferralitiques (Afrique de l'Ouest en particulier). Cah. ORSTOM, Sér. Pédo., Vol.XXVI n°1 25-36.

FELLER C., 1994. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1: recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse Doct.ès Sciences Naturelles, Univ. Strasbourg, 247 p.

FRESCO L.O., 1994. Imaginable Futures: a contribution to thinking about land use planning. *in:* The future of the Land. John Willey and Son Ltd, éditeur, Wageningen.

GAKOU A., 1986. Etude de l'évolution de la fertilité du sol sous les modes de fertilisation minérale, organique et organo-minérale au Mali: résultats de vingt années d'expérimentation à la station de N'Tarla (note préliminaire de synthèse). N'Tarla IRCT, 35p.GANRY F., 1977. Etude en microlysimètres de la décomposition de plusieurs types de résidus de récolte dans un sol sableux tropical. L'Agron. Trop. 32 (1): 51-65.

GANRY F., 1977. Etude en microlysimètres de la décomposition de plusieurs types de résidus de récolte dans un sol sableux tropical. L'Agron. Trop. 32 (1): 51-65.

GANRY F., 1987. Application de la méthode isotopique de la valeur A dans la recherche de systèmes culturaux céréale-légumineuse économes de l'azote. In: Réunion annuelle du Groupe d'étude de la matière organique (GEMOS), Montpellier, France, 6-7 mai, 15p.

GANRY F., 1990. Application de la méthode isotopique à l'étude des bilans azotés en zone tropicale sèche. Thèse Doctorat d' Etat, Université de Nancy I, 351 pp.

GAUDET C.L.; KEDDY T.A., 1988. A comparative approch to predicting competitive ability from plant traits. Nature, 334., pp. 242-243.

GAUTHIER B., GODRON M., HIERMAUX P., LEPART J.,1977. Un type complémentaire de profil écologique: profil écologique indicé. Can. J. Bot. 55, 2859-2865.

GIGOU J., 1982. Dynamique de l'azote en sol nu ou cultivé de région tropicale sèche du Nord-Cameroun Thèse de docteur-ingénieur, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, 130p. et annexes.

GODRON M., 1968. Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale. Recouvrement, information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques, échantillonnage. Oecol. Plant. 3, 3: 185-212.

GOUNOT M., 1969. Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson, Paris, 314p.

GREENLAND D.J. 1970. The maintenance of shifting cultivation versus the development of continuous management systems. In: Seminar on traditional system of african agriculture, Ford fondation. IRAT-IITA, Ibadan Nigeria, 16-20 November 10p.

GUILLERM J.L., 1971. Calcul de l'information fournie par un profil écologique et valeur indicatrice des espèces. Oecol. Plant 6, 209-225.

GUILLERM J.L., 1976. Traitement de l'information phyto-écologique. DEA, écologie générale et appliquée, USTL, Montpellier 28p.

GUILLOBEZ S., 1985. Milieu naturel du Burkina Faso. Esquisse physiographique. Carte 1/1000000. IRAT/Service de pédologie cartographie.

GUILLOBEZ S., ZOUGMORE R., 1991. Etudes du ruisellement et de ses principaux paramètres, à la parcelle (Saria, Burkina Faso, 1990) In Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale, Séminaire international Bamako, 9-13 déc.1991 John Libbey éditeur, Paris. p319-329.

GUILLOBEZ S., 1992. Caractéristiques climatiques influençant la dégradation et l'érosion des sols au Burkina Faso. Doc. CIRAD-CA-URFCM, Montpellier, 14 p.

GUILLOBEZ S., TAONDA S.J-B. 1993. Carte physiographique, zone de Thiougou, Burkina Faso. INERA/CIRAD.

GUINKO S., 1984. Végétation de la Haute-Volta. Thèse de Docteur ès Sciences Naturelles. Université de Bordeaux III UER Aménagement et Ressources Naturelles. Département, l'homme et son environnement T.I et T.II 349p.

HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1969. Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Paris, Masson. 232p.

HIEN V. 1990. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferralitique du Burkina Faso. Doctorat de l'INPL, 149P.

HOFFMANN G., 1986. Caractérisation, de la flore adventice de deux village du terroir de Katiola (Côte-d'Ivoire). Mémoire IAT ESAT-CNEARC-Montpellier, 51p.

IN.E.R.A., 1986. Programme sorgho-mil-maïs: fiche technique descriptive du sorgho ICSV 1049. Ouagadougou, Burkina Faso.

IN.E.R.A., 1990. Programme de recherches sur les systèmes de production. Rapport de synthèse des activités, 123 p. Ouagadougou, Burkina Faso.

IN.E.R.A., 1991. Programme recherches sur les sysèmes de production. Données de recensement des villages de recheches du Plateau Central,172p. Ouagadougou, Burkina Faso.

IN.E.R.A., 1992. Programme recherches sur les systèmes de production. Rapport d'activités, 198 p, Ouagadougou, Burkina Faso.

JENNY H., 1950. Causes of the high nitrogen and organic matter content of certain tropical forest soils. Soil Sci., 69 (1): 63-69.

Jeune Afrique, 1975. Atlas du Burkina Faso. Ed. Jeune Afrique 47 p.

JONES M.J., 1971. The maintenance of soil organic matter under continuous cultivations at Samaru, Nigeria J. Agric. Sci., 77 (3):473-482.

JOUVE P., 1989. L'analyse agronmique de situations culturales. In Dossier bibliographique: analyse et amélioration des systèmes de production agricole.

KAMBIRE S.H., 1993. Systèmes de culture paysans et productivité des sols ferrugineux lessivés du Plateau Centre (Burkina Faso): Effets des restitutions organiques. Thèse de troisième cycle, Université de Dakar, 175 p.

KUIPERS H.,1957. A reliefmeter for soil cultivation studies. Neth. J. Agric. Sci. 5: 255-262.

LAHAYE J.P., 1980. Etudes des pluies journalières de fréquence rare en Haute-Volta. Rapport CIE, 30p. multigr. Ouagadougou, Haute-Volta

MAILLET J.,1981. Evolution de la flore adventice dans le Montpellierais sous la pression des techniques culturales. Thèse de Docteur Ingénieur. USTL Montpellier, 200p.

MARNOTTE P., 1984. Influence des facteurs écololgiques sur le développement des mauvaises herbes en climat tropical humide. 7° Colloque internationale sur l'écologie, la biologie et la systématique des mauvaises herbes. 183-189.

MAYARD J., 1964. Rapport pédologique. Région de Korhogo. Etudes de développement socio-économique. Abidjan SEDES. Ministère des finances, des Affaires Economiques et du Plkan de Cote-d'Ivoire.

MENAUT J.C., CESAR J., 1979. Structure and primary productivity of Lamto savannas, Ivory Coast. Ecology, 60 (6): 1197-1210.

MERLIER H., 1972. Etudes Phytosociologiques menées au Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey (Sénégal) Synthèse. Agron. Trop. Vol. 28 (12): 1253-1265.

MIETTON, 1988. Dynamique de l'interface lithosphère-atmosphère au Burkina Faso. Contribution géomorphologique à l'étude de l'érosion en zone tropicale de savane. Thèse Doctorat d'Etat ès Lettres. Université de Grenoble, 438 p.

MORANT P.,1991. Carctérisation de la fragilité écologique et des potentialités agronomiques de la région de Hondé au Burkina Faso: utilisation de différentes techniques de diagnostic. Thèse de Docteur Ingénieur, INPL, Nancy, 169pp.

MOREL J.L., 1992. Rhizosphere. *In:* McGraw-Hill yearbook of Science and Technology. McGraw-Hill (Eds). New York, pp367-370.

MOREL R. 1989. Les sols cultivés. Tec. Doc., Paris, 380p.

MOUREAUX C., 1965. Glycose et activité microbiologique globale en divers sols ouest africains. Cah.ORSTOM, Sér. Pédol., 5 (1): 43-78.

MUSSELMAN L.J., 1980. The biology of striga, Orobanche, and other root parasitic weeds. Ann. Rev. Phytopathol., 18: 463-489.

NIANGADO O., OUENDEBA B.,1987. Amélioration du mil en Afrique de l'Ouest. In: Proceedings of the International Pearl Millet Workshop. ICRISAT Patancheru India, 83-94

NICOU R., 1977. Le travail du sol dans les terres exondés du Sénégal. Motivations. Contraintes. Bambey, ISRA-CNRA, 51p.

NYE P.H., GRENLAND D.J., 1960. The soil under shifting cultivation. Commonwealth bureau of soils Technical communication, n°51.

OZENDA P., 1982. Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin Paris, 431p.

PARKER C., FRYER J.D., 1975. Lutte contre les mauvaises herbes occasionnant d'importantes réductions des ressources alimentaires mondiales. FAO. Bulletin phytosanitaire. 23 (3/4) : 84-98.

PARKINSON V., EFRON Y., BELLO L., DASHIELL K., 1987. Trap crops as cultural measure in striga control in Africa. FAO, Plant protection Buletin, vol. 35 (2): 51-54.

PICHOT J. SEDOGO M.P., POULAIN J.F. ARIVEST J., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. L'Agron. Trop. 36 (2): 122-133.

PICHOT J., BURDIN S., CHAROY J, NABOS J., 1974. L'enfouissement des pailles de mil Pennisetum dans les sols sableux dunaires. Agron. Trop. 29 (10): 995-1005.

PIERI C., 1979. Etude de la solution de la composition d'un sol sableux cultivé au Sénégal, à l'aide de capteurs en céramique poreuse. L'Agron. Trop.,34 (1): 9-22

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherches et développement agricoles au sud du Sahara. Paris, Ministère de la coopération et du développement , CIRAD, 444,p.

PLAYSIER J.L., 1978. Plants and soil analysis procedures. *in* the Control of soil fertility, 2nd Edn. London: Crosby Lockwood and Son. Ltd.

PNUE (Programme des Nations Unis pour l'environnement), 1990. Carte mondiale de l'état de dégradation du sol résultant des activités humaines, Nairobi.

POPAY A.I., IVENS GW. 1982. East africa. The agrestal weed flora. pp. 345-374. In Biology and Ecology of weeds. Eds Holzner and Numata Junk Pub. Geobotany 2.

RABOT C., 1984. Vingt années de successions de cultures dans la moitié sud du Sénégal, impacts écologiques. DEA, écologie tropicale, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, 38p. et annexes.

RAMAIAH K.V., PARKER C., 1982. Striga and others weeds in Sorghum. In: Sorghum in the eighties. I. Proceedings of the international Symposium on Sorghum. ICRISAT, 291-302.

REIJ C., 1983. L' évolution de la lutte anti-érosive au Burkina Faso (Haute-volta) depuis l'indépendance - vers une plus grande participation de la population. Institute for environmental Studies, Free University, Amsterdam.

RICHARD L. et DJOULET B., 1985. La fertilité des sols et son évolution. Zone cotonnière du Tchad. Paris, IRCT, 49p.

ROOSE E., 1977. Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest: vingt années de mesure en petites parcelles expérimentales. Paris, ORSTOM, 108 P. Travaux et documents de l'ORSTOM n° 78, 108p., édit.ORSTOM, Paris.

ROOSE. E., 1980. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques des matières sous végétations naturelles ou cultivées. Travaux et documents de l'ORSTOM n°130, Paris, 569p.

ROOSE E., 1981. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétation naturelles ou cultivées. Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 130, 569 p., édit. ORSTOM, Paris.

SAN JOSE J.J., BERRADE F., RAMIREZ J., 1982. Seasonal changes of growth, mortality and disapeparance of belowground root biomass in the *Trachypogon* savanna grass. ACTA oecol. (oecol.plant), 3 (17) 4: 347-358.

SANCHEZ P.A. 1976. Properties and management of soils in tropics. New York, John Wiley and Sons, 618 p.

SANCHEZ P.A. et MILLER R.H., 1986. Organic matter and soil fertility management in acid soil of the tropics. In: 13th International congress of soil science, Hambourg, Allemagne.

SANON K., 1993. Relation entre la durée de mise en valeur d'un sol et bilan hydrique: cas du village de Thiougou (Burkina Faso). Mémoire, ESAT/CNEARC, 77p.

SARR P., 1981. Analyse des effets induits par intensification des cultures sur quelques caractéristiques physico-chimiques d'un sol ferrugineux tropical du Sénégal. Thèse de 3° cycle, Agronomie-pédologie. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 100p. et annexes.

SEBILLOTTE M. et MEYNARD J.M., 1990. Système de culture, système d'élevage et gestion de l'azote. International Symposium organised by INA PG. Ed. CALVET. INRA, Paris, 576 p; 289-312.

SEDOGO M.P., 1981. Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sols ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse de Docteur-ingénieur, Sciences Agronomiques, Institut National Polytechnique de Lorraine.

SEDOGO M.P., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de Doctorat-ès-Sciences, Université Nationale de Côte-d'Ivoire, 285p.

SEMENT G., 1983. La fertilité de systèmes culturaux à base de cotonnier en Côte-d'Ivoire. Neuf années d'expérimentation et d'observations multilocales (1973-1982). Coton Fibres Trop., Sr. Documents, Etudes et Synthèses n° 4, 40p.

SIBAND P.,1972. Etude de l'évolution des sols sous culture traditionnelle en Haute Casamance. Principaux résultats. L'Agron. Trop. 27 (5): 574-591.

SIBAND P.,1974. Evolution des caractères de fertilité d'un sol rouge de Casamance. L'Agron. Trop. 29 (12):1228-1248.

SOLTNER D., 1988. Les bases de la production végétale. Tome 1, le sol. Angers, Sciences et Techniques Agricoles (16° edition), 466p

SOME L., SIVAKUMAR M.V.K., 1994. Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début des pluies au Burkina Faso. Compte rendu des travaux N° 1. Division du Sol et Agroclimatologie IN.E.R.A (Burkina)/I.C.R.I.S.A.T.(Niamey).

SOME L.,1989. Diagnostique agropédologique du risque climatique de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de mais. Thèse doctorat USTL, Montpellier, 268p.

TAONDA S.J.B., BERTRAND R., DICKEY J., MOREL J.L., SANON K., 1995. Aspects de la dégradation des sols en agriculture minière des zones nord soudaniennnes du Burkina Faso (un exemple de sahélisation pédoclimatique). Accepté par la revue " Agricultures", John Libbey éditeur, Paris.

TERRY P.J., 1981. Weeds and their control in the Gambia Trop. Pest Manag. 27,44-52

TRAORE H., 1987. Influence des techniques culturales sur le développement des mauvaises herbes en station et en milieu rural de Côte-d'Ivoire. DEA de biologie végétale tropicale. USTL, Montpellier, 50P.

TRAORE H., 1991. Influence des facteurs agro-écologiques sur la constitution des communautés adventices des principales cultures céréalières (sorgho, mil, maïs) du Burkina Faso.Thèse de Doctorat ès sciences, univ. Montpellier II, 212 p.

UNESCO (United Nations' Educational, Scientific, and Cultural Organization) 1990. Programme sur l'homme et la biosphère (MAB), Paris.

VALENTIN C., 1989. Les états de surface des savanes de l'ouest africain: relations avec les sols et incidence sur l'économie de l'eau. *In:* Soltrop 89.Actes du 1er séminaire franco-africain de pédologie tropicale, Lomé, Togo, 6-12 février 1989. Paris, ORSTOM, p.243-252 (Coll. Colloques et séminaires).

VELLY J.,LONGUEVAL J., 1977. Evolution d'un sol ferrallitique de Madagascar sur gneiss sous l'influence d'apports annuels de pailles et d'azote. Proceeding of a symposium, Braunschweig, 6 (1): 69-81.

WALTER H., 1973. Végétation of the earth in relation to climate and the eco-physiological conditions. The English Univ. Press Ltd., London, 237p.

WETSELAAR R., GANRY F., 1982. Nitrogen balance in tropical soil. in: Microbiologyof tropical soils and plant productivity. The Hague, M. Nijhoff and W. Junk. p. 1-36 (Development in Plant and Soil Sciences, vol. 5).

WEY J., 1980. Premier résultats concernant l'inoculation du soja au Sénégal. In: Nitrogen cycling in West African ecosystems. Proceedings of a workshop held at IITA, Ibadan, Nigeria, 11-15 December. Stockholm, SCOPE UNEP, p.209-213.

WEY J., SIBAND P., OLIVIER R., EGOUMENIDES C., GANRY F., 1987; Essai de régénération d'un sol de la zone arachidière du centre-nord du Sénégal. L'Agron. Trop., 42 (4) 258-268.

ANNEXES

annexe 1:

PARCELLES DU TERROIR DE THIOUGOU, L'AGE DES PARCELLES,
ET LES PRATIQUES CULTURALES. INFORMATIONS AYANT PERMIS L'ETABLISS
L'ETABLISSEMENT DU PLAN CADASTRAL)

Nom= Nom de l'exploitant actuel
Quartier=Quartier de residence
OrdreEx=Ordre d'exploitation, 1er, 2eme, 3eme exploitant
DExp1=Depuis quand le dernier exploitant est-il sur cette parce
DExpn1=Duree de la derniere exploitation
DJach1=Duree de la derniere jachere
DExpn2=Duree de l'avant derniere exploitation
DJach2=Duree de l'avant derniere jachere
Dexpn3=Duree de l'exploitation no. 3 (la plus ancienne)
FA1=Force active utilisee pendant la periode 1 (la plus recente
DFA1=Duree de la FA1
FA2=Force active utilisee pendant la periode 2
DFA2=Duree de la FA2
FA3=Force active utilisee pendant la periode 3 (la plus ancienn
Act.=Nombre d'actifs
Textsol=Texture du sol

Thiougou=T, Wounbaogo=W
Natinga=n, Gontinga=g, Kounde=k, Sambe=s, Tengpoore=t, Roomde=r
Zeogo=z; Zangrezi= i; Boulguin=b; Yarsin=y.
Manuelle=M, Asine=A, Bovine=B
Texture a=argileux, s=sableux, g=gravillonnaire, as=partie argi
et partie sableuse; ag=partie argileuse et partie gravillonnair
sg=sableuse et gravillonnaire; asg=partie argileuse,sableuse
et gravillonnaire.
Sexe:Homme=1, Femme=2

NOM	Sexe	Parcelle	Village	Quartier	OrdreEx
Belem Tiendobila	1	1	W	n	1
Ouedraogo Bernard	1	2	W	s	1
Zoungrana Pascal	1	6	W	n	1
Dipama Tene	1	7	W	s	1
Nacoulma Parigdba	1	8	W	n	1
Tonde Sambo	1	9	W	n	2
Bouda Pierre	1	11	W	n	1
Zoungrana Dabi	1	12	W	n	1
Zoungrana Karim	1	13	W	n	1
Zoungrana Raogo	1	14	W	t	1
Ilboudo Pessek Paore	1	15	W	n	1
Kabre Boureima	1	16	W	t	1
Kabre Panigba	2	17	W	t	1
Ouedrago Marie-Jeanne	2	18	W	n	1
Zoungrana Francois	1	19	W	n	1
Yaogo Clementine	2	20	W	n	1
Nacoulma Tenkodogo	1	21	W	n	1
Bougma Marcel	1	22	W	n	1
Bouda Tempiega f.de 21	2	23	W	n	1
Konditamde Ablasse	1	24	W	n	2
Nacoulma Koudnoaga	1	25	W	n	1
Belem Ranyangwende	1	26	W	n	1
Kongo Bibiata	1	27	W	n	1
Zoungrana Boureima	1	28	W	r	1
Belem Yemdaogo	1	29	W	n	1
Belem Thomas	1	30	W	n	1
Belem Matthieu	1	31	W	n	1
Kabre Rakoaga	1	32	W	t	1
Kongo Kida	2	33	W	n	1
Belem Bila	1	34	W	n	1
Kongo Yemdaogo	1	35	W	n	2
Kongo Issaka	1	36	W	r	2
Kongo Moro	1	37	W	r	
Nikiema Yalgwanda	1	38	W	s	1
Nikiema Amzetta f.de 28	2	39	W	r	1
Kongo Amadou 1	1	40	W	r	1
Ramatta f.de 40	2	41	W		2
Dipama Issa	1	42	W	s	2
Kongo Adama	1	43	W	r	1
Kongo Amadou 2	1	44	W	r	1
Bougma Soumaila	1	45	W	r	1
Bougma Sandimyela	1	46	W	r	1
Nikiema Seidou	1	47	W	r	1
Bougma Rimpourba (Bassak	1	48	W	r	1
Zoungrana Yemdaogo	1	49	T		
Bougma Moussa	1	50	W	r	2
Konditamde chef	1	51	T	n	1
Kinda Kamasse	1	52	T	n	2
Kinda Mathias	1	53	T	n	1
Yaogo Tinfissi	1	54	T	b	1
Bouda Yamba	1	55	T	n	2
Zoungrana Koudougou	1	56	T	b	1
Femmes du chef	2	58	T	n	1
Zoungrana Yemdaogo	1	59	T	b	1
Femme de yamba	2	61	T		2

Ouedraogo Mayoure	1	62	T	b	2
Kwanda Zaratta	2	63	T	b	1
Bouda Pogdowaoga	2	64	T	b	2
Bouda Poko	2	65	T	n	2
Bouda Antoine	1	66	T	n	2
Bouda Tinse	2	67	T	n	2
Bouda Dieudonne	1	68	T	n	2
Yaogo Pascal	1	69	T		
Yaogo Pabegba	1	70	T	b	1
Bouda Yemdaogo	1	71	T	n	2
Konditamde Boukare	1	72	T	n	1
Kinda Mathias	1	73	T	n	2
Konditamde Mamadou	1	74	T	n	1
Yaogo Irissa	1	76	T	n	1
Yaogo Daniel	1	77	T	n	1
Kinda Paul	1	78	T	n	1
Nombo Salam	1	79	T	n	1
Nombo Adama	1	80	T	n	1
Bouda Piga	1	81	T	n	2
Yaogo Francois	1	82	T	n	2
Bouda Jean-Pierre	1	83	T	n	2
Tenga	2	84	T	n	2
Bouda Talle	1	85	T	b	1
Bouda Bassirou	1	86	T	n	2
Gongounga Paul	1	87	T	b	1
Segda Boureima	1	88	T	b	1
Konditamde Joseph	1	89	T	n	1
Konditamde Michel	1	90	T	n	1
Konditamde Pierre	1	91	T	n	1
Sedga Francois	1	92	T	b	1
Sedga Gilbert	1	93	T	b	2
Segda Bangre	1	94	T	b	2
Bouda Banguibgnesgo	1	95	T	n	2
Yaogo Pougbi	2	96	T	b	2
Segda Jacques	1	97	T	b	1
Bouda Sibidou	2	98	T	b	1
Diegma Paro	2	99	T	b	1
Belem Pascal	1	101	W	n	2
Ouedraogo Paul	1	102	W	n	2
Zoungrana Bernard	1	105	W	n	1
Sedga Gilbert	1	106	W	n	1
Konditamde Boureima	1	107	W	n	1
Kongo Boukare	1	108	W	n	1
Yaogo Raphael	1	109	W	n	1
Yaogo Joanny	1	110	W	n	1
Yaogo Therese	2	111	W	n	1
Yaogo Yoabgwanda	1	112	W	n	1
Ouedraogo Pawanyindi	1	113	W	n	1
Ilboudo Gomekesse	1	114	T	z	
Yaogo Wonogo	2	115	W	n	1
Konditamde Jean-Baptiste	1	116	W	n	1
Konditamde Dazarissida	1	117	W	n	1
Kobenka Awa	2	118	W	t	1
Bouda Amadou	1	119	W	t	1
Zoungrana Baconwilga	1	120	W	t	1
Bouda Salif	1	121	W	t	1
Bouda Mouni	1	122	W	t	1
Kabre Yende	1	123	W	t	1
Bouda Jean-Baptiste	1	124	W	t	1
Nikiema Yoabgwanda	1	125	W	s	1

Kongo Madi	1	126	W	r	1
Kongo Adama	1	127	W	r	1
Kongo Mamadi	1	128	W	r	1
Kongo Seidou	1	129	W	r	1
Kongo Amadou 3	1	130	W	r	1
Kongo Amadou 3	1	130	W	z	1
Nacoulma Saoga	2	131	W	r	1
Zougrana Boureima	1	132	W	r	1
Kongo Issaka	1	133	W	r	1
Kongo Amadou 2 (Imam)	1	134	W	r	1
Ouedraogo Kielgba	1	135	W	s	1
Zoungrana Paul	1	136	W	n	1
Yaogo Robert	1	137	W	n	1
Bouda Jean-Paul	1	138	W	n	1
Bouda Antoine	1	139	W	n	1
Tapsoba Kouma	1	140	W	n	1
Kabore Seidou	1	141	W	t	1
Kabore Souleymane	1	142	W	t	1
Tiendebeogo Sidiki	1	143	W	t	2
Tiendrebeogo Irissa	1	144	W	n	2
Simpore Robert	1	145	W	n	2
Tonde Kibssa	1	146	W	n	1
Nacoulma Sandebouaga	1	147	W	n	1
Nacoulma Fissi	2	148	W	n	2
Kongo Boukare	1	149	W	n	1
Kongo Boukare	1	149	W	n	1
Groupement jeunes		150	W	n	1
Ouedraogo Bernadette	2	151	W	n	2
Bouda Dietterima	2	152	W	s	2
Zoungrana Karim	1	153	W	n	1
Konditamde Mouni	1	154	W	n	1
Konditamde Abdoulaye	1	155	W	n	2
Zoungrana Binda	2	156	W	n	1
Nikiema Binda	2	157	W	n	1
Konditamde Atanase	1	158	W	n	2
Konditamde Rasmane	1	159	W	n	2
Kabre Bila	2	160	W	n	2
Belem Christophe	1	161	W	n	1
Bouda Albert	1	162	T	b	1
Yaogo Adissa	2	163	T	b	1
Yaogo Goussignesgo	1	164	T	b	1
Zagre Kelegdibgnesgo	2	165	T	b	2
Segda Tenkoudougou	1	166	T	b	1
Nacoulma Francois	1	167	T	b	1
Nacoulma Emmanuel	1	168	T	b	1
Bouda Banguibgnesgo	1	169	T	n	1
Bouda Emmanuel	1	170	T	n	2
Tinga	2	171	T	b	2
Bilgo Yemdaogo	1	172	T	n	2
Bouda Seidou	1	173	T	n	2
Nacoulma Leon	1	174	T	b	1
Bouda Andre	1	175	T	b	2
Belem Jean-Baptiste	1	176	T	b	1
Belem Moise	1	177	T	b	1
Belem Alexandre	1	178	T	b	1
Yaogo Pabegba	1	179	T	b	1
Bouda Fissi	1	180	T	n	1
Bouda Bassibri	1	181	T	b	1
Gongounga Vonogo	1	182	T	b	2
Zoungrana Yemdaogo	1	183	T	b	2

Bouda Tinfissi	1	184	T	b	1
Bouda Nongma	1	185	T	b	1
Dipama Norbert	1	186	T	b	1
Nacoulma Emmanuel	1	187	T	b	1
Nikiema Bassibri	1	188	T	b	1
Yaogo Samuel	1	189	T	b	1
Belem Moussa	1	190	T	n	1
Bouda Lazare Koudaogo	1	191	T	b	1
Bouda Tenga Leonard	1	192	T	b	1
Bouda Tibi	1	193	T	b	1
Sawadogo Poussibila	1	194	T	y	1
Bouda Jean-Paul	1	197	T	b	1
Bouda Simon	1	198	T	b	1
Bouda Jean-Pierre	1	199	T	b	1
Konditamde Antoine	1	200	T	n	1
Konditamde Koudaogo	1	201	T	g	2
Kabre Silmiga	1	202	T	g	2
Konditamde Tenkoudougou	1	203	T	g	2
Konditamde Basga	1	204	T	g	2
Konditamde Dominique	1	205	T	g	2
Segda Noaga	2	206	T	g	2
Bouda Tibo	1	207	T	g	1
Yaogo Tengrelle	2	208	T	g	2
Kabre Mitibwilgda	1	209	T	g	2
Ilboudo Zama	2	210	T	g	2
Pogbi	2	211	T	zi	2
Kabre Salam	1	212	T	g	1
Kabre Tagsdsaya	1	213	T	g	2
Bouda Agnesniwende	1	214	T	n	2
Kabre Rasmane	1	215	T	g	2
Dabre Soundebda	2	216	T	n	2
Bouda Pierre	1	217	T	n	2
Bouda Samuel	1	218	T	g	2
Bouda Raogo	1	219	T	g	2
Mare Marie	2	220	T	g	2
Kabre Razanrima	1	221	T	g	2
Bouda Samuel	1	222	T	g	2
Bouda Timpiga	1	223	T	i	1
Bouda Paul	1	224	T		
Konditamde Laurent	1	226	T	g	2
Konditamde Kouka Albert	1	227	T	g	2
Konditamde Jean-Baptiste	1	228	T	g	1
Bouda Joseph	1	229	T	n	1
Bouda Andangandewende	1	230	T	n	1
Bouda Norbert	1	231	T	n	1
Konditamde Tibila	1	232	T	g	1
Dipama Boabi Norbert	1	234	T	b	1
Bouda Etienne	1	235	T	b	2
Kabre Sibidou	2	236	T	b	1
Nana Adama	1	237	T	n	1
Bouda Koudoubi	1	238	T	b	1
Nikiema Yemdaogo	1	240	T	b	1
Dipama Bila	1	241	T	b	1
Bouda Nongma	1	242	T	b	1
Yaogo Pegdarima	1	243	T	b	1
Yaogo Goussizelma	1	244	T		
Dipama Amadou	1	245	T	b	1
Gongouna Mathias	1	246	t	b	1
Dipama Victor	1	247	T	b	1
Bouda Pinoaga	2	248	T	b	1

Nikiema Amadou	1	249	T	b	1
Kongo Zara	2	250	T	n	2
Belem Sideyide	1	251	T	n	2
Bouda Baweningri	1	252	T	n	2
Konditamde Ambroise	1	253	T	n	1
Bouda Zirilimya	1	254	T		
Bouda Robert	1	255	T		
Zoungrana Yabyoure	2	256	T	n	2
Kongo Raikata	2	257	T		
Konditamde Zama Wuma	2	261	T	g	2
Zoungrana Koudougou	1	262	T	b	1
Konditamde Ablasse	1	263	W	n	1

Parcelle	DExpt1	DExpn1	DJach1	DExpn2	DJach2
1	20	20			
2	20	20			
6	15	15			
7	15	15			
8	8	8			
9	6	6	i	i	
11	6	6			
12	15	15			
13	15	15			
14	13	13			
15	13	13			
16	20	20			
17	20	20			
18	20	20			
19	15	15			
20	15	15			
21	20	20			
22	20	20			
23	20	20			
24	11	11	3	11	
25	20	20			
26	15	15			
27	15	15			
28	15	15			
29	17	17			
30	17	17			
31	17	17			
32	20	20			
33	20	20			
34	20	20			
35	10	10	2	7	
36	10	10	i	5	
37			15		
38	14	14			
39	15	15			
40	18	18			
41	11	11			
42	11	11	i		
43	18	18			
44	18	18			
45	15		4	11	
46	12	12			
47	11	11			
48	15	15			
49					
50	15		4	11	
51	31	4	12	15	
52	20	20	i		
53	10	10			
54	9	9			
55	2	2	2	10	
56	16	16			
58	28	4	15	9	
59	20	20			
61	2	2	21		
62	2	2	7	20	
63	5	5			
64	1	1	10	7	

NOM	Parcelle	DExpt1	DExpn1	DJach1	DExpn2	DJach2
Belem Tiendobila	1	20	20			
Ouedraogo Bernard	2	20	20			
Zoungrana Pascal	6	15	15			
Dipama Tene	7	15	15			
Nacoulma Parigdba	8	8	8			
Tonde Sambo	9	6	6	i	i	
Bouda Pierre	11	6	6			
Zoungrana Dabi	12	15	15			
Zoungrana Karim	13	15	15			
Zoungrana Raogo	14	13	13			
Ilboudo Pessek Pa	15	13	13			
Kabre Boureima	16	20	20			
Kabre Panigba	17	20	20			
Ouedrago Marie-Je	18	20	20			
Zoungrana Francoi	19	15	15			
Yaogo Clementine	20	15	15			
Nacoulma Tenkodog	21	20	20			
Bougma Marcel	22	20	20			
Bouda Tempiega f.	23	20	20			
Konditamde Ablass	24	11	11	3	11	
Nacoulma Koudnoag	25	20	20			
Belem Ranyangwend	26	15	15			
Kongo Bibiata	27	15	15			
Zoungrana Boureim	28	15	15			
Belem Yemdaogo	29	17	17			
Belem Thomas	30	17	17			
Belem Matthieu	31	17	17			
Kabre Rakoaga	32	20	20			
Kongo Kida	33	20	20			
Belem Bila	34	20	20			
Kongo Yemdaogo	35	10	10	2	7	
Kongo Issaka	36	10	10	i	5	
Kongo Moro	37			15		
Nikiema Yalgwanda	38	14	14			
Nikiema Amzetta f	39	15	15			
Kongo Amadou 1	40	18	18			
Ramatta f.de 40	41	11	11			
Dipama Issa	42	11	11	i		
Kongo Adama	43	18	18			
Kongo Amadou 2	44	18	18			
Bougma Soumaila	45	15		4	11	
Bougma Sandimyela	46	12	12			
Nikiema Seidou	47	11	11			
Bougma Rimpourba	48	15	15			
Zoungrana Yemdaog	49					
Bougma Moussa	50	15		4	11	
Konditamde chef	51	31	4	12	15	
Kinda Kamasse	52	20	20	i		
Kinda Mathias	53	10	10			
Yaogo Tinfissi	54	9	9			
Bouda Yamba	55	2	2	2	10	
Zoungrana Koudoug	56	16	16			
Femmes du chef	58	28	4	15	9	
Zoungrana Yemdaog	59	20	20			
Femme de yamba	61	2	2	21		
Ouedraogo Mayoure	62	2	2	7	20	
Kwanda Zaratta	63	5	5			
Bouda Pogdowaoga	64	1	1	10	7	

Bouda Poko	65	2	2	0	3
Bouda Antoine	66	1	1	2	9
Bouda Tinse	67	5	5	0	5
Bouda Dieudonne	68	8	8	i	
Yaogo Pascal	69				
Yaogo Pabegba	70	10	10		
Bouda Yemdaogo	71	3	3	i	
Konditamde Boukar	72	20	20		
Kinda Mathias	73	1	1	5	6
Konditamde Mamado	74	10	10		
Yaogo Irissa	76	6	6		
Yaogo Daniel	77	8	8		
Kinda Paul	78	3	3		
Nombo Salam	79	3	3		
Nombo Adama	80	9	9		
Bouda Piga	81	2	2	4	3
Yaogo Francois	82	3	3	4	3
Bouda Jean-Pierre	83	2	2	4	3
Tenga	84	2	2	4	3
Bouda Talle	85	10	10		
Bouda Bassirou	86	2	2	5	3
Gongounga Paul	87	9	9		
Segda Boureima	88	13	13		
Konditamde Joseph	89	9	9		
Konditamde Michel	90	9	9		
Konditamde Pierre	91	6	6		
Sedga Francois	92	8	8		
Sedga Gilbert	93	7	7	0	3
Segda Bangre	94	1	1	6	3
Bouda Banguibgnes	95	2	2	0	7
Yaogo Pougbi	96	4	4	0	4
Segda Jacques	97	4	4		
Bouda Sibidou	98	4	4		
Diegma Paro	99	3	3		
Belem Pascal	101	3	3	i	
Ouedraogo Paul	102	3	3	i	
Zoungrana Bernard	105	4	4		
Sedga Gilbert	106	4	4		
Konditamde Bourei	107	2	2		
Kongo Boukare	108	2	2		
Yaogo Raphael	109	6	6		
Yaogo Joanny	110	1	1		
Yaogo Therese	111	6	6		
Yaogo Yoabgwanda	112	2	2		
Ouedraogo Pawanyi	113	3	3		
Ilboudo Gomekesse	114				
Yaogo Wonogo	115	6	6		
Konditamde Jean-B	116	4	4		
Konditamde Dazari	117	9	9		
Kobenka Awa	118	3	3		
Bouda Amadou	119	7	7		
Zoungrana Baconwi	120	4	4		
Bouda Salif	121	2	2		
Bouda Mouni	122	2	2		
Kabre Yende	123	1	1		
Bouda Jean-Baptis	124	3	3		
Nikiema Yoabgwand	125	2	2		
Kongo Madi	126	2	2		
Kongo Adama	127	4	4		
Kongo Mamadi	128	4	4		

Kongo Seidou	129	3	3			
Kongo Amadou 3	130	3	3			
Kongo Amadou 3	130	1	1			
Nacoulma Saoga	131	1	1			
Zougrana Boureima	132	1	1			
Kongo Issaka	133	1	1			
Kongo Amadou 2 (I	134	1	1			
Ouedraogo Kielgba	135	1	1			
Zoungrana Paul	136	2	2			
Yaogo Robert	137	2	2			
Bouda Jean-Paul	138	2	2			
Bouda Antoine	139	4	4			
Tapsoba Kouma	140	7	7			
Kabore Seidou	141	7	7			
Kabore Souleymane	142	7	7			
Tiendebeogo Sidik	143	4	4		4	
Tiendrebeogo Iris	144	4	4		4	6
Simpore Robert	145	4	4		4	6
Tonde Kibssa	146	8	8			
Nacoulma Sandebou	147	15	15			
Nacoulma Fissi	148	2	2		0	6
Kongo Boukare	149	15	15			
Kongo Boukare	149	15	15			
Groupement jeunes	150	5	5		1	
Ouedraogo Bernade	151	2	2		0	6
Bouda Dietterima	152	2	2		3	15
Zoungrana Karim	153	1	1			
Konditamde Mouni	154	3	3			
Konditamde Abdoul	155	6	6	i		
Zoungrana Binda	156	3	3			
Nikiema Binda	157	2	2			
Konditamde Atanas	158	13	13	i		
Konditamde Rasman	159	9	9		0	3
Kabre Bila	160	9	9	i		i
Belem Christophe	161	12	12			
Bouda Albert	162	5	5			
Yaogo Adissa	163	3	3			
Yaogo Goussignesg	164	5	5			
Zagre Kelegdibgne	165	3	3		5	15
Segda Tenkoudougo	166	3	3			
Nacoulma Francois	167	3	3			
Nacoulma Emmanuel	168	14	14			
Bouda Banguibgnes	169	9	9			
Bouda Emmanuel	170	5	5	i		
Tinga	171	5	5	i		
Bilgo Yemdaogo	172	4	4		0	7
Bouda Seidou	173	2	2		2	7
Nacoulma Leon	174	5	5			
Bouda Andre	175	4	4		0	4
Belem Jean-Baptis	176	12	12			
Belem Moise	177	3	3			
Belem Alexandre	178	4	4			
Yaogo Pabegba	179	2	2			
Bouda Fissi	180	4	4			
Bouda Bassibri	181	4	4			
Gongounga Vonogo	182	3	3		0	3
Zoungrana Yemdaog	183	4	4		3	3
Bouda Tinfissi	184	13	13			
Bouda Nongma	185	5	5			
Dipama Norbert	186	4	4			

Nacoulma Emmanuel	187	8	8		
Nikiema Bassibri	188	13	13		
Yaogo Samuel	189	2	2		
Belem Moussa	190	7	7		
Bouda Lazare Koud	191	5	5		
Bouda Tenga Leona	192	6	6		
Bouda Tibi	193	10	10		
Sawadogo Poussibi	194	2	2		
Bouda Jean-Paul	197	2	2		
Bouda Simon	198	4	4		
Bouda Jean-Pierre	199	3	3		
Konditamde Antoin	200	6	6		
Konditamde Koudao	201	1	1	10	
Kabre Silmiga	202	4	4	7	
Konditamde Tenkou	203	1	1	20	
Konditamde Basga	204	5	5	5	
Konditamde Domini	205	3	3	1	7
Segda Noaga	206	10	10	20	
Bouda Tibo	207	15	15		
Yaogo Tengrelle	208	10	10	20	
Kabre Mitibwilgda	209	10	10	20	
Ilboudo Zama	210	9	9	20	
Pogbi	211	9	9	20	
Kabre Salam	212	3	3		
Kabre Tagsdsaya	213	12	12	0	1
Bouda Agnesniwend	214	5	5	20	
Kabre Rasmane	215	17	17	20	
Dabre Soundebda	216	8	8	20	
Bouda Pierre	217	4	4	5	7
Bouda Samuel	218	5	5	5	10
Bouda Raogo	219	12	12	i	
Mare Marie	220	2	2	5	15
Kabre Razanrima	221	1	1	20	9
Bouda Samuel	222	2	2	5	7
Bouda Timpiga	223			1	4
Bouda Paul	224			3	7
Konditamde Lauren	226	17	17	i	
Konditamde Kouka	227	20	20	i	
Konditamde Jean-B	228	7	7		
Bouda Joseph	229	4	4		
Bouda Andangandew	230	10	10		
Bouda Norbert	231	9	9		
Konditamde Tibila	232	12	12		
Dipama Boabi Norb	234	8	8		
Bouda Etienne	235	1	1	0	7
Kabre Sibidou	236	5	5		
Nana Adama	237	12	12		
Bouda Koudoubi	238	5	5		
Nikiema Yemdaogo	240	4	4		
Dipama Bila	241	4	4		
Bouda Nongma	242	2	2		
Yaogo Pegdarima	243	3	3		
Yaogo Goussizelma	244			10	20
Dipama Amadou	245	4	4		
Gongouna Mathias	246	2	2		
Dipama Victor	247	1	1		
Bouda Pinoaga	248	4	4		
Nikiema Amadou	249	2	2		
Kongo Zara	250	3	3	20	
Belem Sideyide	251	3	3	19	20

Bouda Baweningri	252	4	4	20	
Konditamde Ambroi	253	18	3	5	10
Bouda Zirilimya	254			2	
Bouda Robert	255			2	
Zoungrana Yabyour	256	3	3	i	
Kongo Raikata	257			2	
Konditamde Zama W	261	4	4	6	7
Zoungrana Koudoug	262	19	19		
Konditamde Ablass	263	14		12	2

NOM	Parcelle	DExpn3	FA1	DFA1	FA2	DFA2
Belem Tiend	1		BA	5	M	15
Ouedraogo B	2		M	20		
Zoungrana P	6		BA	2	M	13
Dipama Tene	7		M	15		
Nacoulma Pa	8		A	3	M	5
Tonde Sambo	9		B	6		
Bouda Pierr	11		B	2	M	4
Zoungrana D	12		B	15		
Zoungrana K	13		M	15		
Zoungrana R	14		B	6	M	7
Ilboudo Pes	15		B	1	M	12
Kabre Boure	16		A	2	M	18
Kabre Panig	17		M	7	At	3
Ouedrago Ma	18		M	20		
Zoungrana F	19		B	4	M	11
Yaogo Cleme	20		M	15		
Nacoulma Te	21		B	10	M	10
Bougma Marc	22		M	20		
Bouda Tempi	23		M	5	B	5
Konditamde	24		B	11		
Nacoulma Ko	25		B	10	M	10
Belem Ranya	26		B	3	M	12
Kongo Bibia	27		B	3	M	12
Zoungrana B	28		MAt	15		
Belem Yemda	29		B	11	M	6
Belem Thoma	30		B	11	M	6
Belem Matth	31		A	7	M	10
Kabre Rakoa	32		A	1	M	19
Kongo Kida	33		A	13	M	7
Belem Bila	34		B	11	M	9
Kongo Yemda	35		B	9		
Kongo Issak	36		B	6	M	4
Kongo Moro	37		B	10		
Nikiema Yal	38		A	1		
Nikiema Amz	39		M	4	B	6
Kongo Amado	40		A	7	M	11
Ramatta f.d	41					
Dipama Issa	42		M	11		
Kongo Adama	43		M	18		
Kongo Amado	44		B	3	A	4
Bougma Soum	45				A	2
Bougma Sand	46		B	12		
Nikiema Sei	47		B	3	M	8
Bougma Rimp	48		B	5	M	10
Zoungrana Y	49					
Bougma Mous	50				A	3
Konditamde	51		B	4		
Kinda Kamas	52		B	10	A	10
Kinda Mathi	53		B	10		
Yaogo Tinfi	54		A	9		
Bouda Yamba	55		B	2		
Zoungrana K	56		A	4	M	12
Femmes du c	58		B	4		
Zoungrana Y	59		B	1	A	8
Femme de ya	61					
Ouedraogo M	62		A	1	M	1
Kwanda Zara	63		M	5		
Bouda Pogdo	64		M	1		

Bouda Poko	65	MAt			
Bouda Antoi	66	B	1		
Bouda Tinse	67	MAt			
Bouda Dieud	68	B	2	A	6
Yaogo Pasca	69				
Yaogo Pabeg	70	A	6	M	4
Bouda Yemda	71	A	3		
Konditamde	72	B	15	M	5
Kinda Mathi	73	B	1		
Konditamde	74	A	8	M	2
Yaogo Iriss	76	A	6		
Yaogo Danie	77	A	4		
Kinda Paul	78	B	2	A	1
Nombo Salam	79	A	3		
Nombo Adama	80	B	9		
Bouda Piga	81	A	2		
Yaogo Franc	82	M	3		
Bouda Jean-	83	A	2		
Tenga	84	M	2		
Bouda Talle	85	A	6	M	4
Bouda Bassi	86	M	2		
Gongounga P	87	A	9		
Segda Boure	88	A	4	M	9
Konditamde	89	B	2	A	1
Konditamde	90	B	1	M	8
Konditamde	91	A	6		
Sedga Franc	92	A	8		
Sedga Gilbe	93	M	7		
Segda Bangr	94	B	1		
Bouda Bangu	95	A	3	M	2
Yaogo Pougb	96	M	4		
Segda Jacqu	97	M	4		
Bouda Sibid	98	M	4		
Diegma Paro	99	M	3		
Belem Pasca	101	M	3		
Ouedraogo P	102	B	1	M	2
Zoungrana B	105	A	2	M	2
Sedga Gilbe	106	A	4		
Konditamde	107	A	2		
Kongo Bouka	108	A	2		
Yaogo Rapha	109	B	6		
Yaogo Joann	110	M	1		
Yaogo There	111	B	3	M	3
Yaogo Yoabg	112	M	2		
Ouedraogo P	113	M	3		
Ilboudo Gom	114				
Yaogo Wonog	115	M	6		
Konditamde	116	B	4		
Konditamde	117	B	9		
Kobenka Awa	118	B	3		
Bouda Amado	119	B	7		
Zoungrana B	120	B	4		
Bouda Salif	121	B	2		
Bouda Mouni	122	B	2		
Kabre Yende	123	B	1		
Bouda Jean-	124	A	3		
Nikiema Yoa	125	AB	2		
Kongo Madi	126	B	2		
Kongo Adama	127	M	4		
Kongo Mamad	128	B	4		

Kongo Seido	129	B	3		
Kongo Amado	130	B	3		
Kongo Amado	130	B	1		
Nacoulma Sa	131	B	1		
Zougrana Bo	132	B	1		
Kongo Issak	133	B	1		
Kongo Amado	134	B	1		
Ouedraogo K	135	A	1		
Zoungrana P	136	B	2		
Yaogo Rober	137	B	2		
Bouda Jean-	138	M	2		
Bouda Antoi	139	A	4		
Tapsoba Kou	140	A	1	B	3
Kabore Seid	141	B	4	M	3
Kabore Soul	142	B	4	M	3
Tiendebeogo	143	B	4		
Tiendrebeog	144	A	4	A	6
Simpore Rob	145	A	4	A	6
Tonde Kibss	146	B	8		
Nacoulma Sa	147	A	3	M	12
Nacoulma Fi	148	A	8		
Kongo Bouka	149	A	4	M	11
Kongo Bouka	149	A	3	M	12
Groupement	150	B			
Ouedraogo B	151	A	8		
Bouda Diett	152	M	2	M	15
Zoungrana K	153	B	1		
Konditamde	154	B	3		
Konditamde	155	B	5	M	1
Zoungrana B	156	M	3		
Nikiema Bin	157	M	2		
Konditamde	158	At	7		
Konditamde	159	A	4	M	8
Kabre Bila	160	M	9		
Belem Chris	161	A	1	B	11
Bouda Alber	162	B	5		
Yaogo Adiss	163	M	3		
Yaogo Gouss	164	A	5		
Zagre Keleg	165	M	3		
Segda Tenko	166	M	3		
Nacoulma Fr	167	A	1	M	2
Nacoulma Em	168	A	14		
Bouda Bangu	169	B	4	A	3
Bouda Emman	170	M	5		
Tinga	171	M	5		
Bilgo Yemda	172	M	4		
Bouda Seido	173	M	2		
Nacoulma Le	174	M	5		
Bouda Andre	175	MAt			
Belem Jean-	176	B	3	A	9
Belem Moise	177	M	3		
Belem Alexa	178	M	4		
Yaogo Pabeg	179	A	2		
Bouda Fissi	180	A	2	B	2
Bouda Bassi	181	A	4		
Gongounga V	182	A	3		
Zoungrana Y	183	A	3	M	1
Bouda Tinfi	184	A	8	M	5
Bouda Nongm	185	AB			
Dipama Norb	186	A	4		

Nacoulma Em	187	B	3	A	5
Nikiema Bas	188	A	4	M	9
Yaogo Samue	189	A	2		
Belem Mouss	190	A	7		
Bouda Lazar	191	M	5		
Bouda Tenga	192	M	6		
Bouda Tibi	193	B	10		
Sawadogo Po	194	B	2		
Bouda Jean-	197	A	2		
Bouda Simon	198	A	1	M	3
Bouda Jean-	199	M	3		
Konditamde	200	B	2	M	4
Konditamde	201	A	1		
Kabre Silmi	202	A	4		
Konditamde	203	A	1		
Konditamde	204	M	5		
Konditamde	205	M	3		
Segda Noaga	206	M	10		
Bouda Tibo	207	B	1	A	4
Yaogo Tengr	208	M	10		
Kabre Mitib	209	A	4	M	6
Ilboudo Zam	210	M	9		
Pogbi	211	M	9		
Kabre Salam	212	B	3		
Kabre Tagsd	213	A	2		
Bouda Agnes	214	M	5		
Kabre Rasma	215	M	17		
Dabre Sound	216	A	7	M	1
Bouda Pierr	217	M	4	M	7
Bouda Samue	218	A	5		
Bouda Raogo	219	A	12		
Mare Marie	220	M	2		
Kabre Razan	221	A	1		
Bouda Samue	222	A	2		
Bouda Timpi	223				
Bouda Paul	224				
Konditamde	226	A	3	M	14
Konditamde	227	M	20		
Konditamde	228	M	7		
Bouda Josep	229	A	4		
Bouda Andan	230	A	7	M	3
Bouda Norbe	231	A	2	M	7
Konditamde	232	A	12		
Dipama Boab	234	A	4	M	4
Bouda Etien	235	A	1	A	2
Kabre Sibid	236	M	5		
Nana Adama	237	A	12		
Bouda Koudo	238	B	5		
Nikiema Yem	240	A	4		
Dipama Bila	241	A	4		
Bouda Nongm	242	B	2		
Yaogo Pegda	243	M	3		
Yaogo Gouss	244				
Dipama Amad	245	B	2	M	2
Gongouna Ma	246	B	1	M	1
Dipama Vict	247	M	1		
Bouda Pinoa	248	M	4		
Nikiema Ama	249	A	2		
Kongo Zara	250	M	3		
Belem Sidey	251	A	3		

Bouda Bawen	252	M	4		
Konditamde	253	A	3		
Bouda Ziril	254				
Bouda Rober	255				
Zoungrana Y	256	A	3		
Kongo Raika	257				
Konditamde	261	M	4	M	7
Zoungrana K	262	A	4	M	15
Konditamde	263			B	2

NOM	Parcelle	FA3	DFA3	Act.	TextSol	Observ
Belem Tie	1			6	s	
Ouedraogo	2			2	s	
Zoungrana	6			3	s	
Dipama Te	7			4	s	
Nacoulma	8			3	g	
Tonde Sam	9			4	as	
Bouda Pie	11			4	s	
Zoungrana	12			4	s	
Zoungrana	13			2	ag	
Zoungrana	14			6	s	
Ilboudo P	15			2	s	
Kabre Bou	16			4	as	
Kabre Pan	17	M	10	1	as	
Ouedrago	18			1	as	
Zoungrana	19			3	s	
Yaogo Cle	20			1	s	
Nacoulma	21			7	sg	
Bougma Ma	22			1	s	
Bouda Tem	23	M	10	1	sg	
Konditamd	24			7	sg	
Nacoulma	25			7	sg	
Belem Ran	26			6	s	
Kongo Bib	27			1	s	
Zoungrana	28			1	sg	Attelee p
Belem Yem	29			1	sg	
Belem Tho	30			1	sg	
Belem Mat	31			2	sg	
Kabre Rak	32			4	sg	
Kongo Kid	33			1	s	
Belem Bil	34			2	s	
Kongo Yem	35			1	sg	
Kongo Iss	36			1	sg	
Kongo Mor	37			7	s	jachere,
Nikiema Y	38			4	s	jachere,
Nikiema A	39	M	5	1	s	
Kongo Ama	40			6	s	
Ramatta f	41			1	sg	pb quarti
Dipama Is	42			1	s	
Kongo Ada	43			2	s	
Kongo Ama	44	M	11	6	s	
Bougma So	45	M	9		as	
Bougma Sa	46			3	s	
Nikiema S	47			2	s	
Bougma Ri	48			10	sg	
Zoungrana	49					
Bougma Mo	50	M	8	2	s	Jachere
Konditamd	51			10	asg	
Kinda Kam	52			3	sg	
Kinda Mat	53			4	sg	
Yaogo Tin	54			4	s	
Bouda Yam	55			15	as	
Zoungrana	56			6	as	
Femmes du	58				as	
Zoungrana	59			4	as	
Femme de	61					
Ouedraogo	62			4	sg	
Kwanda Za	63			1	s	
Bouda Pog	64			1	s	

Bouda Pok	65	1	ag	
Bouda Ant	66	1	s	
Bouda Tin	67	2	ag	
Bouda Die	68	2	s	
Yaogo Pas	69			complexe
Yaogo Pab	70	3	as	
Bouda Yem	71	2	s	
Konditamd	72	4	asg	
Kinda Mat	73	4	sg	
Konditamd	74	4	as	bas fond
Yaogo Iri	76	4	a	
Yaogo Dan	77	2	as	
Kinda Pau	78	2	as	
Nombo Sal	79	2	as	
Nombo Ada	80	5	a	
Bouda Pig	81	1	a	
Yaogo Fra	82	1	a	
Bouda Jea	83	2	a	
Tenga	84	1	a	
Bouda Tal	85	2	a	
Bouda Bas	86	1	a	
Gongounga	87	3	as	
Segda Bou	88	4	sg	
Konditamd	89	2	as	
Konditamd	90	2	sg	
Konditamd	91	3	sg	
Sedga Fra	92	2	sg	
Sedga Gil	93	2	s	
Segda Ban	94	1	s	
Bouda Ban	95	10		
Yaogo Pou	96	1	g	
Segda Jac	97	2	ag	
Bouda Sib	98	1	s	
Diegma Pa	99	1	s	
Belem Pas	101	1	s	
Ouedraogo	102	4	sg	
Zoungrana	105	1	a	
Sedga Gil	106	3	as	
Konditamd	107	3	s	
Kongo Bou	108	3	s	
Yaogo Rap	109	2	s	
Yaogo Joa	110	2	s	
Yaogo The	111	1	s	
Yaogo Yoa	112	1	s	
Ouedraogo	113	3	sg	
Ilboudo G	114			
Yaogo Won	115	1	s	
Konditamd	116	1	s	
Konditamd	117	5	s	
Kobenka A	118	1	a	
Bouda Ama	119	5	as	
Zoungrana	120	1	s	
Bouda Sal	121	6	as	
Bouda Mou	122	4	sg	
Kabre Yen	123	5	sg	
Bouda Jea	124	1	s	
Nikiema Y	125	4	s	
Kongo Mad	126	7	s	
Kongo Ada	127	2	s	
Kongo Mam	128	4	s	

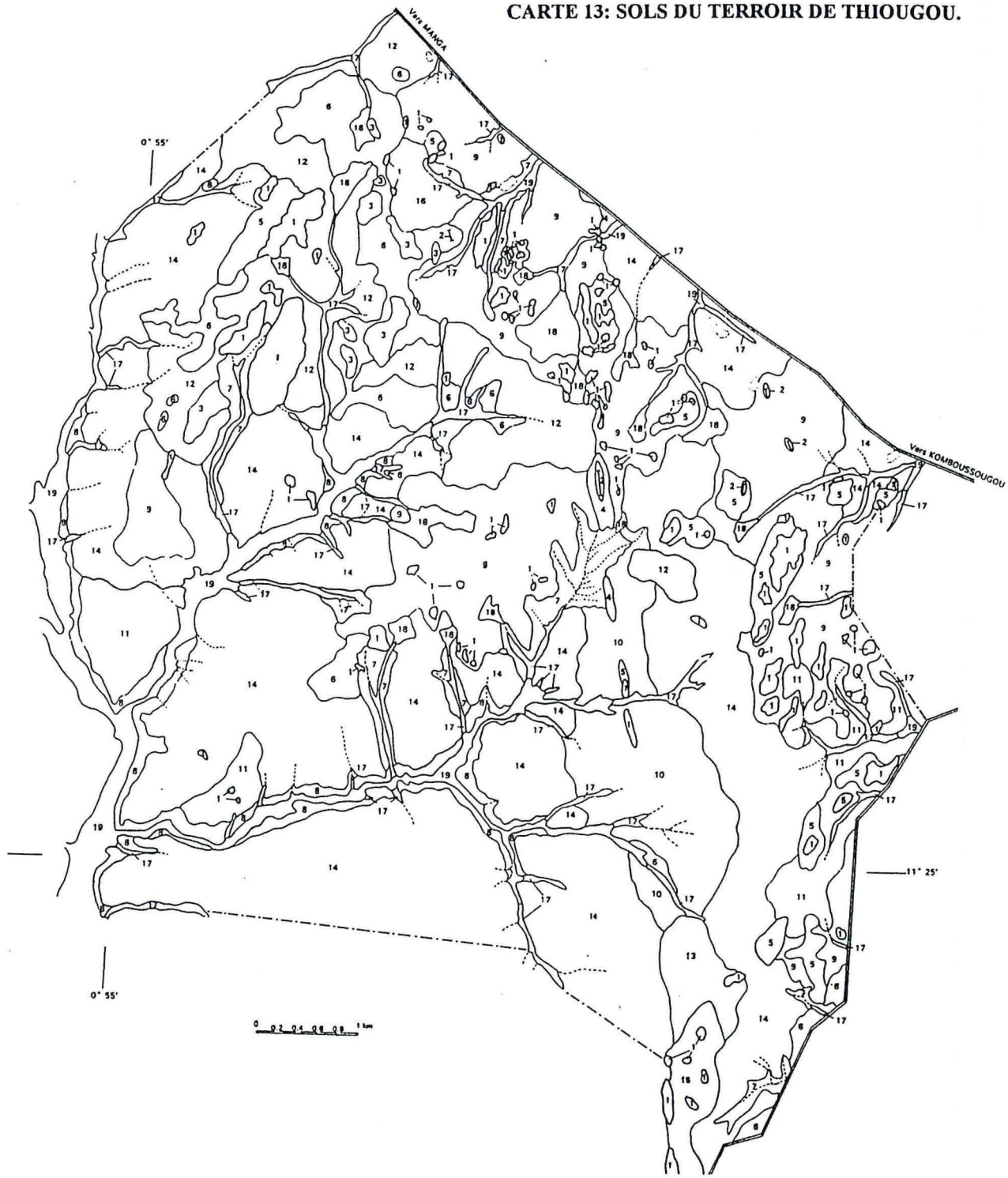
Kongo Sei	129			1	s	
Kongo Ama	130			7	s	
Kongo Ama	130			6	s	
Nacoulma	131			1	s	
Zougrana	132			1	a	
Kongo Iss	133			1	s	
Kongo Ama	134			6	s	
Ouedraogo	135			5	s	
Zoungrana	136			3	s	
Yaogo Rob	137			2	s	
Bouda Jea	138			3	s	
Bouda Ant	139			4	s	
Tapsoba K	140	M	3	6	as	
Kabore Se	141			4	s	
Kabore So	142			7	s	
Tiendebeo	143			5	as	
Tiendrebe	144			1	a	
Simpore R	145			3	a	
Tonde Kib	146			2	ag	
Nacoulma	147			3	s	
Nacoulma	148			2	s	
Kongo Bou	149			4	as	
Kongo Bou	149			4	as	
Groupemen	150				s	
Ouedraogo	151			2	s	
Bouda Die	152			1	a	
Zoungrana	153			2	as	
Konditamd	154			1	as	
Konditamd	155			7	sg	
Zoungrana	156			1	a	
Nikiema B	157			1	s	
Konditamd	158			1	s	
Konditamd	159			3	sg	
Kabre Bil	160			1	s	
Belem Chr	161			2	as	
Bouda Alb	162			5	as	delegue
Yaogo Adi	163			1	ag	
Yaogo Gou	164			3	sg	
Zagre Kel	165			1		
Segda Ten	166			3	ag	
Nacoulma	167			2	ag	
Nacoulma	168			5	ag	
Bouda Ban	169	M	2	10	asg	
Bouda Emm	170			2	a	
Tinga	171			1	g	
Bilgo Yem	172			4	a	
Bouda Sei	173			1	a	
Nacoulma	174			1	as	
Bouda And	175			3	ag	
Belem Jea	176			6	as	
Belem Moi	177			2	ag	
Belem Ale	178			2	s	
Yaogo Pab	179			3	ag	
Bouda Fis	180			3	ag	
Bouda Bas	181			3		bas fond
Gongounga	182			3	ag	
Zoungrana	183			3	sg	
Bouda Tin	184			4	asg	
Bouda Non	185			4	s	
Dipama No	186			2	s	

Nacoulma	187			5	s	
Nacoulma	187			5	s	
Nikiema B	188			2	as	
Yaogo Sam	189			2	g	
Belem Mou	190			2	a	
Bouda Laz	191			1	s	
Bouda Ten	192			2	s	
Bouda Tib	193			7	sg	
Sawadogo	194			5	s	
Bouda Jea	197			6	sg	
Bouda Sim	198			4	s	
Bouda Jea	199			2	s	
Konditamd	200			2	s	
Konditamd	201			3	s	
Kabre Sil	202			2	sg	
Konditamd	203			3	sg	
Konditamd	204			3	sg	
Konditamd	205			1	sg	
Segda Noa	206			1	g	
Bouda Tib	207	M	11	5	s	
Yaogo Ten	208			1	g	
Kabre Mit	209			2	sg	
Ilboudo Z	210			1	sg	
Pogbi	211			1	as	
Kabre Sal	212			5	as	
Kabre Tag	213			2	a	
Bouda Agn	214			1	sg	
Kabre Ras	215			1	ag	
Dabre Sou	216			4	a	trois act
Bouda Pie	217			2	a	
Bouda Sam	218			2	s	
Bouda Rao	219			9	s	
Mare Mari	220			1	s	
Kabre Raz	221			4	s	
Bouda Sam	222			2	s	
Bouda Tim	223					jachere
Bouda Pau	224					Jachere
Konditamd	226			2	s	parcelles
Konditamd	227			2	sg	
Konditamd	228			2	s	
Bouda Jos	229			1	as	
Bouda And	230			3	as	
Bouda Nor	231			1	as	
Konditamd	232			2	sg	
Dipama Bo	234			2	as	
Bouda Eti	235	M	4	2	a	
Kabre Sib	236			1	a	
Nana Adam	237			3	s	
Bouda Kou	238			1	as	
Nikiema Y	240			3	s	
Dipama Bi	241			4	s	
Bouda Non	242			6	as	
Yaogo Peg	243			2	s	
Yaogo Gou	244					jachere
Dipama Am	245			4	s	
Gongouna	246			1	s	
Dipama Vi	247			1	s	
Bouda Pin	248			1	s	
Nikiema A	249			1	s	
Kongo Zar	250			1	s	

Belem Sid	251	2	as	
Bouda Baw	252	9	sg	
Konditamd	253	2	sg	
Bouda Zir	254			jachere
Bouda Rob	255			jachere
Zoungrana	256	2	sg	
Kongo Rai	257			jachere
Konditamd	261	2	i	
Zoungrana	262	6	as	
Konditamd	263		s	

annexe 2:

CARTE 13: SOLS DU TERROIR DE THIOUGOU.



LEGENDE

UNITES PHYSIOGRAPHIQUES		MATERIAU ORIGINEL LITHOLOGIE		MILIEU ET PROCESSUS DE PEDOGENESE	TYPOLOGIE SOL DOMINANTS (autres sols)		CARACTERISTIQUES EDAPHIQUES	CARACTERISTIQUES MORPHODYNAMIQUES	Figure	PROPOSITIONS D'UTILISATION DES TERRES
RELIEFS RESIDUELS	BUTTES ET AFFLEUREMENTS ROCHEUX	Migmates indifférencées		EMBRYONNAIRE NON CARACTERISEE (localement action biologique due à la végétation dans les diaclases et les fractures)	LITHOSOLS (sols peu évolués)		Epaisseur du sol exploitable par les racines, in férieure à 15 cm	Ruissellement: - concentré sur les buttes - diffus, très intense et généralisé sur les affleurements et les buttes cuirassées	1	MISE EN DEFENSE, UTILISATION EXCLUSIVEMENT FORESTIERE
		QUARTZ (filon)							2	
	NIVEAU CUIRASSE	Cuirasse du Moyen-Glacis							3	
SURFACE FONCTIONNELLE	INTERFLUVES DECAPES	Filon de QUARTZ démantelé		PEU CARACTERISEE (légère hydromorphie due à un engorgement saisonnier avec parfois écoulement hypodermique)	REGOSOLS		Forte charge en cailloux dans tout le profil	Ruissellement diffus trés intense et généralisé (localement concentré)	4	
		Migmatites indifférenciées			SOLS PEU EVOLUES D'EROSION (lithosols)		Epaisseur du sol exploitable par les racines comprise entre 15 et 50 cm (charge en cailloux parfois élevée)		5	- MISE EN DEFENS - EXPLOITATION SYLVO-PASTORALE
	MOYEN GLACIS DEGRADE	Matériau grossier sur carapace à faible profondeur							6	
	VERSANTS	Migmatites indifférenciées						Ruissellement concentré	7	MISE EN DEFENS UTILISATION EXCLUSIVEMENT FORESTIERE
		Matériau sableux et Migmatites							8	EXPLOITATION SYLVO-PASTORALE (ELEVAGE EXTENSIF - EXPLOITATION FORESTIERE TRADITIONNELLE) UTILISATION AGRICOLE POSSIBLE (CULTURES INTINERATES champs de case)
	GLACIS COLLUVIAUX				SOLS PEU EVOLVES D'APPORT (d'érosion)	épais	Texture grossière			
		Matériau sableux sur nappe de gravats et/ou gravillons (épaisseur faible)				peu épais sableux	Epaisseur du sol exploitable par les racines, comprise entre 15 et 50 cm	Ruissellement diffus trés intense et généralisé (écoulement hypodermique)	9	
						peu épais sableux et gravillonnaire			10	
		Matériau sableux				épais	Texture grossière (en surface)	Ruissellement diffus trés intense et généralisé (écoulement hypodermique possible en sol à horizons formés de matériaux différents)	11	UTILISATION AGRO-SYLVO-PASTORALE - Elevage extensif - Agriculture extensive et intensive
		Matériau gravillonnaire		FERRUGINEUSE (lessivable, localement lavage au niveau d'une discontinuité, induration)	SOLS FERRUGINEUX REMANIE (sol peu évolué d'érosion)				12	
	GLACIS DE DENUDATION	Faible recouvrement sableux sur altérite kaolinitique			SOLS FERRUGINEUX AVEC RECOUVREMENT (lessivé, d'apport)				13	
		Altérite kaolinitique sur roches acides			SOLS FERRUGINEUX LESSIVE (induré)				14	
					SOLS FERRUGINEUX MODAL RUBEFIE (avec recouvrement)				15	
		altérite montmorillonitique sur roches basiques		VERTIQUE (confinage)	SOL BRUNS VERTIQUES (sols bruns eutrophes, peu évolués d'érosion)			Ruissellement diffus souvent non généralisé	16	
BAS-FONDS	VALLONS EN BERCEAU	Formations colluvio-alluviales	à texture variable	HYDROMORPHE (engorgement saisonnier)	SOLS PEU EVOLUES D'APPORT HYDROMORPHES		Texture parfois grossière	Régime d'inondation durant les fortes averses	17	UTILISATION sylvo-pastorale
	TETES DE VALLONS arène de délavage		à texture grossière		SOLS PEU EVOLUES D'APPORT LAVES (sols ferrugineux)		Texture grossière		18	RIZICULTURE POSSIBLE
	VALLONS à FOND PLAT		à texture variable		SOLS HYDROMORPHES A PSEUDOGLEY		Texture parfois grossière	Régime d'inondation durant la saison des pluies (eau courante)	19	UTILISATION AGRO-SYLVO-PASTORALE, RIZICULTURE

annexe 3:Résultats des analyse physico-chimiques des echantillons de sol prélevés sur les parcelles de la chronoséquence.

N°cadastr	AGE	PROF (cm)	CARB (%)	MOpct (%)	N (%°)
77	0	20	0.63	1.09	0.373
V.Nat/194	0	20	0.49	0.85	0.32
V.Nat/183	0	20	0.52	0.9	0.44
77	1	60	0.25	0.43	0.213
77	1	20	0.46	0.79	0.532
77	1	40	0.25	0.43	0.263
78	1	40	0.23	0.40	0.155
78	1	20	0.47	0.81	0.284
77	2	40	0.20	0.34	0.143
77	2	60	0.13	0.13	0.094
78	2	20	0.40	0.69	0.28
77	2	20	0.25	0.43	0.254
78	2	40	0.25	0.43	0.168
78	2	60	0.19	0.33	0.151
194	3	20	0.35	0.6	0.31
328	4	40	0.25	0.43	0.162
328	4	60	0.13	0.22	0.129
328	4	20	0.50	0.86	0.151
51	5	40	0.16	0.28	0.179
80	5	40	0.32	0.55	0.202
78	5	40	0.21	0.36	0.166
51	5	60	0.45	0.78	0.118
78	5	20	0.29	0.50	0.253
80	5	60	0.32	0.55	0.252
72	5	20	0.24	0.41	0.23
78	5	60	0.20	0.20	0.127
80	5	20	0.26	0.45	0.319
91	6	20	0.29	0.5	0.26
76	7	40	0.19	0.33	0.168
76	7	60	0.17	0.29	0.168
76	7	20	0.37	0.64	0.286
80	9	60	0.36	0.62	0.194
80	9	40	0.23	0.40	0.155
80	9	20	0.23	0.40	0.221
161	12	20	0.23	0.4	0.24
149	15	20	0.17	0.29	0.27
72	17	60	0.48	0.83	0.202
72	17	20	0.34	0.59	0.293
72	17	20	0.34	0.59	0.304
72	17	40	0.23	0.40	0.258
72	17	40	0.30	0.52	0.205
72	17	60	0.41	0.71	0.16

N°cadastr	Ptot mg/kg	PHeau p(molar)	PHKCL p(molar)	CN	Pext. (mg/kg
77	49	6.7	6.3	16.9	3
V.Nat/194	*	*	*	15.3	*
V.Nat/183	*	*	*	11.8	*
77	56	4.9	4.7	11.7	0.9
77	71	6.1	6.2	8.6	3.1
77	64	5.3	5.3	9.5	1.4
78	43	5.5	4.4	14.8	0.9
78	49	6.5	6	16.5	1.8
77	64	6,2	5.1	14	1.2
77	60	6.2	4.7	13.8	0.9
78	64	5.3	5.2	14.3	1.8
77	85	7	6.4	9.8	2.3
78	49	4.5	4.2	14.9	0.9
78	67	4.2	4	12.6	0.7
194	*	*	*	11.3	*
328	49	4.9	4.7	15.4	1.4
328	64	4.4	4.2	10.1	0.5
328	63	5.8	5.8	33.1	0.5
51	64	5	4.8	8.9	1.2
80	64	4.2	4	15.8	0.9
78	74	5.8	4.5	121.7	0.5
51	67	4.8	4.7	38.1	0.7
78	78	6.4	5.6	11.5	1.8
80	71	4.6	4.4	12.7	0.3
72	64	5.2	5.1	10.4	0.9
78	64	5.2	4.1	15.7	0.9
80	56	5.6	5.7	8.2	1.8
91	*	*	*	11.2	*
76	49	4.2	4.1	11.3	0.9
76	49	4	4	10.1	0.3
76	60	5.3	5.4	12.9	1.6
80	85	4.8	3.9	18.6	0.5
80	71	5.7	4.3	14.8	0.9
80	71	6.4	5.7	10.4	1.4
161	*	*	*	9.6	*
149	*	*	*	6.3	*
72	64	4.3	4.3	23.8	0.5
72	78	6.4	5.7	11.6	2.3
72	74	7	6.4	11.2	2
72	64	5	5	8.9	0.9
72	67	6.2	5.3	14.6	1.4
72	71	6.6	5.1	25.6	0.7

N°cadastr)	ARG (%)	LIM2-20 (%)	LIM20-50 (%)	S50-250u (%)	S250-2mm (%)
77	9.5	6.75	32.38	13.95	37.41
V.Nat/194	*	*	*	*	*
V.Nat/183	*	*	*	*	*
77	17.25	9.25	24.36	11.72	37.42
77	10.75	9.25	31.19	16.75	32.07
77	12.75	7	28.67	15.49	36.09
78	9	7.25	27.73	16.26	39.77
78	8.75	5.75	27.34	14.88	43.28
77	8.25	7	25.55	19.03	40.17
77	12.5	7.5	24.6	16.84	38.56
78	7.5	6.5	29.58	18.42	38
77	6.75	7	24.74	20.43	41.08
78	10.25	9	24.74	15.63	40.38
78	17.25	8	21.45	12.91	40.38
194	*	*	*	*	*
328	8.75	8.25	25.48	15.55	41.98
328	9.25	10.75	22.93	13.47	43.6
328	6.75	9.25	27.16	17.87	38.97
51	10	10.25	27.7	16.67	35.38
80	10	8.75	21.95	14.4	44.9
78	7.75	4.75	29.15	14.33	44.03
51	12	11.75	25.83	14.77	35.65
78	6.75	6.5	27.3	17.19	42.27
80	28	7.5	19.68	10.01	34.81
72	7.25	9	27.78	21.37	34.61
78	12.25	8.75	23.62	10.64	44.74
80	8.25	6.75	25.88	18.56	40.55
91	*	*	*	*	*
76	11.25	9.25	24.68	14.21	40.6
76	22.5	8.5	20.14	9.9	38.96
76	8.25	9.75	27.36	15.7	38.94
80	25	9	18.03	10.36	37.61
80	10.75	8.75	19.67	15.5	45.34
80	7.5	8.25	20.82	17.8	45.64
161	*	*	*	*	*
149	*	*	*	*	*
72	25.5	10.5	19.85	12.7	31.45
72	9	7.5	32.48	19.81	30.71
72	10	7.75	30.6	19.01	32.64
72	12.75	11	28.64	16.84	30.77
72	13.25	12.75	24.75	15.88	33.37
72	17.75	12	24.92	15.15	30.19

N°cadastr	PF2.5 (%)	PF3.0 (%)	PF4.2 (%)	EAUUT (%)	Ca (méq/100g
77	11.08	6.93	3.87	7.21	2.03
V.Nat/194	*	*	*	*	*
V.Nat/183	*	*	*	*	*
77	14.87	18.02	6.36	8.51	1.46
77	14.45	7.51	4.72	9.74	2.97
77	13.08	7.35	4.31	8.77	1.55
78	9.31	6.33	3.47	5.84	0.41
78	9.85	6.42	3.53	6.32	0.99
77	8.99	5.06	3.17	5.82	1.11
77	12.2	7.22	3.99	8.21	1.12
78	12.12	4.79	2.98	9.15	1.05
77	8.47	4.75	2.22	6.25	1.56
78	10.95	6.23	3.66	7.29	0.72
78	14.56	8.57	6.74	7.82	1.17
194	*	*	*	*	*
328	11.51	5.76	3.18	8.32	1.76
328	11.73	5.24	3.09	8.64	0.96
328	9.92	5.66	3.29	6.63	1.8
51	13.18	6.78	3.95	27.7	1.14
80	12.13	8.2	4.35	7.78	1.26
78	8.6	5.21	2.7	5.91	1.13
51	13.71	7.15	4.44	25.83	1.09
78	8.18	4.56	2.66	5.52	1.18
80	18.8	12.99	7.29	11.51	0.91
72	13.31	5.48	3.04	27.78	1.04
78	10.56	6.39	5.47	5.09	0.74
80	13.82	6.08	3.56	10.26	1.04
91	*	*	*	*	*
76	11.3	6.52	3.85	7.44	0.98
76	16.11	10.74	6.91	9.2	1.18
76	10.51	6.41	4.03	6.48	1.01
80	18.31	14.63	9.2	9.11	0.83
80	11.14	7.66	5.35	5.79	0.76
80	9	5.47	2.72	6.28	1.27
161	*	*	*	*	*
149	*	*	*	*	*
72	16.93	11.41	8.48	8.45	1.56
72	9.94	6.15	3.32	32.48	1.49
72	11.1	5.73	3.68	7.43	1.73
72	13.9	7.61	4.57	28.64	1.57
72	12.46	7.33	5.11	7.35	1.42
72	14.94	9.08	6.49	8.46	0.95

N°cadastr)	Mg (méq/100g	K (méq/100g	Na (méq/100g	Bases (méq/100g	CEC (méq/100g
77	0.49	0.15	*	2.67	3.73
V.Nat/194	*	*	*	*	*
V.Nat/183	*	*	*	*	*
77	0.38	0.07	0.07	1.98	2.51
77	0.72	0.05	0.07	3.96	5.16
77	0.37	0.1	0.07	2.09	3.1
78	0.16	0.05	*	0.63	1.1
78	0.32	0.27	*	1.58	2.81
77	0.36	0.07	0.04	1.57	3.95
77	0.4	0.1	0.07	1.68	4.36
78	0.24	0.1	0.04	1.43	3.38
77	0.42	0.17	0.07	2.22	3.34
78	0.21	0.07	0.04	1.03	2.49
78	0.3	0.1	0.07	1.59	2.67
194	*	*	*	*	*
328	0.36	0.02	0.04	2.18	4.89
328	0.3	0.05	0.04	1.34	1.49
328	0.51	0.07	0.04	2.42	3.92
51	0.33	0.02	0.04	1.52	2.99
80	0.44	0.15	0.04	1.88	4.61
78	0.32	0.07	0.04	1.5	2.96
51	0.37	0.02	0.07	1.54	3.96
78	0.31	0.1	0.04	1.62	3.46
80	0.28	0.07	0.04	1.29	2.93
72	0.28	0.1	0.04	1.45	3.36
78	0.18	0.12	0.04	1.01	2.47
80	0.36	0.07	0.04	1.5	3.56
91	*	*	*	*	*
76	0.21	0.05	0.1	1.34	2.67
76	0.33	0.07	0.07	1.65	2.92
76	0.39	0.1	0.04	1.53	1.78
80	0.19	0.15	0.1	1.27	2.37
80	0.3	0.12	0.07	1.24	1.78
80	0.32	0.12	0.07	1.78	3.64
161	*	*	*	*	*
149	*	*	*	*	*
72	0.44	0.07	0.07	2.14	4.21
72	0.36	0.15	0.07	2.07	4.28
72	0.42	0.24	0.07	2.46	3.73
72	0.45	0.07	0.07	2.14	3.85
72	0.43	0.07	0.04	1.95	4.57
72	0.39	0.05	0.04	1.42	3.46

N°cadastr)	SatBase (%)	D.A. (g/ml)
77	71.5	1.5557
V.Nat/194	*	*
V.Nat/183	*	*
77	78.88	1.6436
77	76.76	1.5394
77	67.31	1.4965
78	59.95	1.5374
78	56.14	1.3725
77	39.84	1.6004
77	38.66	1.6437
78	42.21	1.4903
77	66.32	1.5852
78	41.55	1.5071
78	59.53	*
194	*	*
328	44.54	1.575
328	89.94	1.5564
328	61.8	1.5472
51	51.01	1.5408
80	40.77	1.5387
78	50.81	1.6556
51	39.05	1.5938
78	46.98	1.4648
80	44.09	1.586
72	43.29	1.4458
78	40.68	1.6024
80	42.24	1.5535
91	*	*
76	50.43	1.5347
76	56.31	1.4474
76	86.1	1.6299
80	53.69	1.5661
80	70	1.5642
80	48.78	1.597
161	*	*
149	*	*
72	50.7	1.5734
72	48.27	1.4207
72	65.84	1.4832
72	55.49	1.6775
72	42.74	1.622
72	41.07	1.5286

annexe 4 :

RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES PROFILS TYPES DES SOLS DU TERROIR DE THIOUGOU

P102 = sol peu évolué (régosl) : unité 4 de la carte 13 (jointe ici en annexe).
P109 = sol peu évolué d'érosion (lithosols): unité 6
P206 = sol ferrugineux remanié (gravillonnaire): unité 12
P301 = sol peu evolué d'apport (épais): unité 11
P310 = sol gravillonnaire: unité 12
0202 = sol ferrugineux tropical lessivé: unité 14
T108 = solferrugineux tropical peu lessivé: unité 14
T201 = sol brun à caractère vertique: unité 16
0407 = solpeu évolué d'érosion: unité 5

PROFIL	HORIZON cm	CARB %	MO %	N %°	P mg/kg
P102	0-15	0.48	0.83	0.309	103
P102	15-35	0.27	0.47	0.204	85
P109	0-15	0.7	1.21	0.418	92
P109	15-40	0.35	0.6	0.222	62
P109	40-70	0.22	0.38	0.161	71
P206	0-5	0.42	0.72	0.305	92
P206	5-15	0.6	1.03	0.46	81
P206	15-60	0.43	0.74	0.294	106
P206	60-120	0.2	0.34	0.161	89
P301	0-15	0.64	1.1	0.514	89
P301	15-40	0.22	0.38	0.139	67
P301	40-80	0.13	0.22	0.084	71
P310	0-25	0.6	1.03	0.356	81
P310	25-55	0.31	0.53	0.199	89
P31	55-110	0.22	0.38	0.233	128
0202	0-20	0.75	1.29	0.529	89
0202	20-40	0.25	0.43	0.166	78
0202	40-80	0.17	0.29	0.139	49
0202	80-120	0.11	0.19	0.139	49
0407	0-15	0.51	0.88	0.333	49
0407	15-35	0.46	0.79	0.268	43
T108	0-15	0.82	1.41	0.516	58
T108	15-40	0.38	0.66	0.222	49
T108	40-65	0.18	0.31	0.167	43
T108	65-120	0.12	0.21	0.138	43
T201	0-10	0.38	0.66	0.29	73
T201	10-35	0.35	0.6	0.089	43
T201	35-80	0.1	0.17	0.412	61

PROFIL	HORIZON cm	PHeau	PH.KCL	C/N	P.AS ppm
P102	0-15	6.6	6	15.5	8.2
P102	15-35	6.3	4.9	13.2	0.9
P109	0-15	6.7	6	16.7	3.1
P109	15-40	5.9	5.2	15.8	0.9
P109	40-70	5.6	4.7	13.7	0.5
P206	0-5	6.6	6.3	13.8	2.3
P206	5-15	6.6	5.8	13	0.9
P206	15-60	5.8	5.5	14.6	0.5
P206	60-120	5.6	5.4	12.4	0.1
P301	0-15	6.6	6.3	12.5	8
P301	15-40	6.5	5.7	15.8	1.2
P301	40-80	6.4	5.1	15.5	0.5
P310	0-25	6.6	6.3	16.9	3.6
P310	25-55	5.9	5.1	15.6	0.7
P31	55-110	5.8	5.7	9.4	0.5
0202	0-20	6.4	5.1	14.2	9.7
0202	20-40	5.9	4.8	15.1	1.4
0202	40-80	5.8	4.5	12.2	0.5
0202	80-120	5.8	4.5	7.9	0.1
0407	0-15	6.8	6.6	15.3	3.6
0407	15-35	6.5	5.8	17.2	0.5
T108	0-15	6.7	6.4	15.9	2.9
T108	15-40	5.6	4.8	17.1	0.9
T108	40-65	5	4.4	10.8	1.4
T108	65-120	5.3	4.7	8.7	0.2
T201	0-10	6.7	6.2	13.1	6.2
T201	10-35	5.9	4.6	39.3	0.1
T201	35-80	7.1	5.4	2.4	0.1

PROFIL	HORIZON cm	ARGILE(2 %	ULIMON %	FINLIMON %	GROSABLE FIN %
P102	0-15	6	6	27.57	21.96
P102	15-35	15.25	7	25.04	13.59
P109	0-15	8.25	9.25	24.7	20.71
P109	15-40	10.25	6	25.18	21.22
P109	40-70	19	8.75	19.36	14.44
P206	0-5	4.75	4.5	25.75	28.93
P206	5-15	13	6.5	23.23	23.61
P206	15-60	21.75	9	18.18	14.75
P206	60-120	32.5	20	10.69	12.39
P301	0-15	6	6.75	24.17	18.24
P301	15-40	7.5	6.25	23.67	19.29
P301	40-80	9.25	6	20.49	14.15
P310	0-25	5.5	3.5	25.54	25.69
P310	25-55	12.5	6.25	23.5	17.75
P31	55-110	44.25	8.75	15.73	6.3
0202	0-20	11.75	6.75	28.67	16.15
0202	20-40	3.25	5.75	33.64	16.2
0202	40-80	15.25	6.25	22.35	10.73
0202	80-120	26.25	7.25	18.34	7.89
0407	0-15	6.75	4	23.4	20.21
0407	15-35	12.25	4.75	21.22	22.68
T108	0-15	9	12.25	30.15	13.95
T108	15-40	11.75	11	29.83	12.72
T108	40-65	22.75	9.25	26.68	10.45
T108	65-120	33.75	9.5	24.44	8.08
T201	0-10	8.5	3	25.92	23.86
T201	10-35	39	6.75	17.92	10.51
T201	35-80	48.25	14	20.78	8.22

PROFIL	HORIZON cm	SABLE %	GROPF2.5 %	PF3.0 %	PF4.2 %
P102	0-15	38.48	8.07	4.79	2.66
P102	15-35	38.37	11.64	7.65	5.6
P109	0-15	37.09	12.33	6.67	3.64
P109	15-40	37.35	11.11	6.75	3.68
P109	40-70	38.46	14.24	9.47	6.42
P206	0-5	36.07	8.24	4.43	2.5
P206	5-15	33.66	16.71	9.67	6.41
P206	15-60	36.32	19.69	15.11	11.49
P206	60-120	18.42	32.64	24.01	16.38
P301	0-15	44.85	8.2	5.16	2.77
P301	15-40	43.28	8.99	5.12	2.66
P301	40-80	50.11	7.89	6.01	3.49
P310	0-25	39.77	7.6	5.37	3.12
P310	25-55	40	10.79	8.63	5.39
P31	55-110	24.97	31.26	19.26	16.99
0202	0-20	36.68	11.46	7.72	3.71
0202	20-40	41.17	8.2	6.03	3.14
0202	40-80	45.42	14.75	6.97	4.76
0202	80-120	40.27	18.24	10.08	8.44
0407	0-15	45.65	9.25	5.13	2.37
0407	15-35	39.1	10.38	6.3	4.63
T108	0-15	34.65	14.4	7.67	3.74
T108	15-40	34.71	11.02	7.85	4.57
T108	40-65	30.87	15.3	11.99	6.76
T108	65-120	24.23	17.23	13.47	10.41
T201	0-10	38.73	7.48	4.8	3.05
T201	10-35	25.82	25.11	20.27	13.27
T201	35-80	8.75	42.65	33.02	22.93

PROFIL	HORIZON cm	EAU UTILE %	Ca^{2} méq/100g	$Mg^{2}+$ méq/100g	K+ méq/100g
P102	0-15	5.41	2.53	0.46	0.15
P102	15-35	6.04	1.83	0.35	0.05
P109	0-15	8.7	2.1	0.46	0.32
P109	15-40	7.43	1.25	0.23	0.02
P109	40-70	7.83	1.14	0.38	0.05
P206	0-5	5.74	1.07	0.31	0.15
P206	5-15	10.3	2.28	0.71	0.05
P206	15-60	8.2	1.9	0.98	0.07
P206	60-120	16.26	2.14	1.2	0.1
P301	0-15	5.43	2.63	0.58	0.27
P301	15-40	6.33	0.76	0.57	0.12
P301	40-80	4.41	0.75	0.22	0.22
P310	0-25	4.48	1.26	0.27	0.1
P310	25-55	5.4	0.52	0.23	
P31	55-110	14.26	2.22	0.68	0.07
0202	0-20	7.75	2.47	0.66	0.12
0202	20-40	5.05	0.86	0.28	0.22
0202	40-80	9.99	1.77	0.35	0.05
0202	80-120	9.79	3.12	0.5	0.17
0407	0-15	6.88	1.37	0.25	0.24
0407	15-35	5.75	1.66	0.31	0.07
T108	0-15	10.66	2.59	0.85	0.15
T108	15-40	6.45	0.79	0.33	0.02
T108	40-65	8.54	1.06	0.48	0.05
T108	65-120	6.82	1.79	0.79	0.12
T201	0-10	4.43	2.04	1	0.07
T201	10-35	11.85	6.71	3.99	0.15
T201	35-80	19.72	12.61	7.7	0.39

PROFIL	HORIZON cm	Na+ méq/100g	Bases méq/100g	CEC méq/100g	Saturation %
P102	0-15	0.04	3.18	4.98	63.88
P102	15-35	0.04	2.27	4.84	46.91
P109	0-15	0.07	2.95	4.19	70.44
P109	15-40	0.04	1.54	3.82	40.23
P109	40-70	0.04	1.6	3.64	44.07
P206	0-5	0.04	1.56	3.25	48.06
P206	5-15	0.04	3.14	4.51	69.67
P206	15-60	0.1	3.06	5.74	53.23
P206	60-120	0.07	3.51	6.18	56.74
P301	0-15	0.04	3.52	4.53	77.57
P301	15-40	0.04	1.48	2.7	54.88
P301	40-80		1.19	2.84	41.78
P310	0-25	0.04	1.67	3.04	54.82
P310	25-55		0.76	3.74	20.21
P31	55-110	0.04	3	4.48	66.97
0202	0-20		3.4	4.83	70.38
0202	20-40		1.21	2.17	55.66
0202	40-80		2.17	3.53	61.55
0202	80-120	0.04	3.83	4.49	85.38
0407	0-15	0.04	1.9	3.97	47.76
0407	15-35	0.04	2.08	4.14	50.17
T108	0-15		3.59	4.22	85.07
T108	15-40		1.14	2.09	54.34
T108	40-65	0.04	1.63	2.04	79.63
T108	65-120	0.04	2.74	4.73	58.01
T201	0-10		3.22	4.24	76.01
T201	10-35	0.04	10.98	12.92	84.99
T201	35-80	0.11	20.81	22.41	92.89

annexe 4 : Résultats de mesures des profils hydriques.

PAYSAN	N INFORM	PARCELLE	AGE	DATE ECHA	PROF	H.P
CHEF	6	51	5	17/06/93	10	7.70
CHEF	6	51	5	17/06/93	20	6.32
CHEF	6	51	5	17/06/93	40	3.61
CHEF	6	51	5	17/06/93	60	3.49
CHEF	6	51	5	17/06/93	80	5.78
CHEF	6	51	5	17/06/93	100	6.26
NOMBO	9	80	9	17/06/93	10	6.26
NOMBO	9	80	9	17/06/93	20	5.03
NOMBO	9	80	9	17/06/93	40	6.43
NOMBO	9	80	9	17/06/93	60	9.43
NOMBO	9	80	9	17/06/93	80	9.29
KINDA	2	78	2	17/06/93	10	7.10
KINDA	2	78	2	17/06/93	20	5.80
KINDA	2	78	2	17/06/93	40	3.77
KINDA	2	78	2	17/06/93	60	6.99
KINDA	2	78	2	17/06/93	80	6.38
KINDA	2	78	2	17/06/93	100	
IRISSA	13	76	7	17/06/93	10	7.48
IRISSA	13	76	7	17/06/93	20	5.17
IRISSA	13	76	7	17/06/93	40	4.52
IRISSA	13	76	7	17/06/93	60	6.25
IRISSA	13	76	7	17/06/93	80	8.69
IRISSA	13	76	7	17/06/93	100	
KINDA	14	78	0	17/06/93	10	10.61
KINDA	14	78	0	17/06/93	20	10.73
KINDA	14	78	0	17/06/93	40	10.72
KINDA	14	78	0	17/06/93	60	6.01
KINDA	14	78	0	17/06/93	80	6.12
KINDA	14	78	0	17/06/93	100	7.00
DANIEL	10	77	1	17/06/93	10	9.60
DANIEL	10	77	1	17/06/93	20	9.90
DANIEL	10	77	1	17/06/93	40	6.31
DANIEL	10	77	1	17/06/93	60	6.01
DANIEL	10	77	1	17/06/93	80	8.40
DANIEL	10	77	1	17/06/93	100	9.78
BOUKARY	5	72	17	17/06/93	10	6.42
BOUKARY	5	72	17	17/06/93	20	5.75
BOUKARY	5	72	17	17/06/93	40	4.30
BOUKARY	5	72	17	17/06/93	60	4.99
BOUKARY	5	72	17	17/06/93	80	4.84
BOUKARY	5	72	17	17/06/93	100	6.65
KOROGHO	7	A	4	17/06/93	10	6.25
KOROGHO	7	A	4	17/06/93	20	4.03
KOROGHO	7	A	4	17/06/93	40	2.69
KOROGHO	7	A	4	17/06/93	60	3.45
KOROGHO	7	A	4	17/06/93	80	4.53
KOROGHO	7	A	4	17/06/93	100	5.78
KOROGHO	7	A	4	03/07/93	10	8.23
KOROGHO	7	A	4	03/07/93	20	10.56
KOROGHO	7	A	4	03/07/93	40	9.80
KOROGHO	7	A	4	03/07/93	60	4.88
KOROGHO	7	A	4	03/07/93	80	3.98
KOROGHO	7	A	4	03/07/93	100	5.64
NOMBO	9	80	9	03/07/93	10	7.85
NOMBO	9	80	9	03/07/93	20	9.53
NOMBO	9	80	9	03/07/93	40	10.45
NOMBO	9	80	9	03/07/93	60	8.25
NOMBO	9	80	9	03/07/93		

NOMBO	9	80	9	03/07/93		
KINDA	2	78	2	03/07/93	10	8.75
KINDA	2	78	2	03/07/93	20	7.18
KINDA	2	78	2	03/07/93	40	5.96
KINDA	2	78	2	03/07/93	60	5.22
KINDA	2	78	2	03/07/93	80	5.62
KINDA	2	78	2	03/07/93	100	7.79
IRISSA	13	76	7	03/07/93	10	8.66
IRISSA	13	76	7	03/07/93	20	8.97
IRISSA	13	76	7	03/07/93	40	10.16
IRISSA	13	76	7	03/07/93	60	10.96
IRISSA	13	76	7	03/07/93	80	11.34
IRISSA	13	76	7	03/07/93	100	10.18
KINDA	14	78	0	03/07/93	10	9.90
KINDA	14	78	0	03/07/93	20	10.34
KINDA	14	78	0	03/07/93	40	9.46
KINDA	14	78	0	03/07/93	60	8.86
KINDA	14	78	0	03/07/93	80	8.36
KINDA	14	78	0	03/07/93	100	6.47
CHEF	6	51	5	03/07/93	10	8.09
CHEF	6	51	5	03/07/93	20	9.28
CHEF	6	51	5	03/07/93	40	8.92
CHEF	6	51	5	03/07/93	60	8.37
CHEF	6	51	5	03/07/93	80	4.81
CHEF	6	51	5	03/07/93	100	5.94
BOUKARY	5	72	17	03/07/93	10	7.65
BOUKARY	5	72	17	03/07/93	20	7.21
BOUKARY	5	72	17	03/07/93	40	7.49
BOUKARY	5	72	17	03/07/93	60	8.17
BOUKARY	5	72	17	03/07/93	80	8.29
BOUKARY	5	72	17	03/07/93	100	6.48
BOUKARY	4	72	17	03/07/93	10	6.48
BOUKARY	4	72	17	03/07/93	20	7.34
BOUKARY	4	72	17	03/07/93	40	6.20
BOUKARY	4	72	17	03/07/93	60	7.61
BOUKARY	4	72	17	03/07/93	80	8.65
BOUKARY	4	72	17	03/07/93	100	9.08
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	10	5.75
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	20	6.85
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	40	7.31
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	60	5.89
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	80	5.34
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	100	6.29
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	10	6.19
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	20	7.39
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	40	8.39
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	60	8.78
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	80	9.73
KOROGHO	7	A	4	17/07/93	100	7.75
IRISSA	13	76	7	17/07/93	10	7.09
IRISSA	13	76	7	17/07/93	20	8.64
IRISSA	13	76	7	17/07/93	40	9.44
IRISSA	13	76	7	17/07/93	60	8.88
IRISSA	13	76	7	17/07/93	80	9.74
IRISSA	13	76	7	17/07/93	100	10.02
IRISSA	13	76	7	17/07/93	10	6.92
IRISSA	13	76	7	17/07/93	20	9.16
IRISSA	13	76	7	17/07/93	40	9.93
IRISSA	13	76	7	17/07/93	60	11.34
IRISSA	13	76	7	17/07/93	80	14.74

IRISSA	13	76	7	17/07/93	100	14.57
KINDA	14	78	0	17/07/93	10	8.86
KINDA	14	78	0	17/07/93	20	9.84
KINDA	14	78	0	17/07/93	40	10.21
KINDA	14	78	0	17/07/93	60	11.07
KINDA	14	78	0	17/07/93	80	13.19
KINDA	14	78	0	17/07/93	100	14.84
KINDA	14	78	0	17/07/93	10	7.39
KINDA	14	78	0	17/07/93	20	12.30
KINDA	14	78	0	17/07/93	40	9.28
KINDA	14	78	0	17/07/93	60	10.35
KINDA	14	78	0	17/07/93	80	11.59
KINDA	14	78	0	17/07/93	100	10.54
KINDA	2	78	2	17/07/93	10	8.03
KINDA	2	78	2	17/07/93	20	8.37
KINDA	2	78	2	17/07/93	40	8.55
KINDA	2	78	2	17/07/93	60	9.55
KINDA	2	78	2	17/07/93	80	9.07
KINDA	2	78	2	17/07/93	100	7.76
KINDA	2	78	2	17/07/93	10	7.32
KINDA	2	78	2	17/07/93	20	8.50
KINDA	2	78	2	17/07/93	40	8.19
KINDA	2	78	2	17/07/93	60	5.16
KINDA	2	78	2	17/07/93	80	6.62
KINDA	2	78	2	17/07/93	100	6.68
DANIEL	10	77	1	17/07/93	10	10.60
DANIEL	10	77	1	17/07/93	20	10.41
DANIEL	10	77	1	17/07/93	40	10.64
DANIEL	10	77	1	17/07/93	80	13.89
DANIEL	10	77	1	17/07/93	100	14.07
DANIEL	10	77	1	17/07/93	10	10.22
DANIEL	10	77	1	17/07/93	20	10.62
DANIEL	10	77	1	17/07/93	40	10.50
DANIEL	10	77	1	17/07/93	80	14.34
DANIEL	10	77	1	17/07/93	100	14.34
NOMBO	9	80	9	17/07/93	10	6.48
NOMBO	9	80	9	17/07/93	20	8.54
NOMBO	9	80	9	17/07/93	40	11.07
NOMBO	9	80	9	17/07/93	60	13.68
NOMBO	9	80	9	17/07/93	80	12.55
NOMBO	9	80	9	17/07/93	10	5.28
NOMBO	9	80	9	17/07/93	20	8.54
NOMBO	9	80	9	17/07/93	40	12.09
NOMBO	9	80	9	17/07/93	60	15.90
NOMBO	9	80	9	17/07/93	80	15.21
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	10	5.39
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	20	8.02
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	40	8.00
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	60	7.16
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	80	8.78
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	100	9.02
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	10	5.95
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	20	8.12
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	40	8.86
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	60	10.88
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	80	12.39
BOUKARY	5	72	17	17/07/93	100	13.56
CHEF	6	51	5	17/07/93	10	7.09
CHEF	6	51	5	17/07/93	20	9.90
CHEF	6	51	5	17/07/93	40	10.18

CHEF	6	51	5	17/07/93	60	10.17
CHEF	6	51	5	17/07/93	80	8.93
CHEF	6	51	5	17/07/93	100	8.53
CHEF	6	51	5	17/07/93	10	10.17
CHEF	6	51	5	17/07/93	20	9.21
CHEF	6	51	5	17/07/93	40	9.01
CHEF	6	51	5	17/07/93	60	6.75
CHEF	6	51	5	17/07/93	80	7.01
KOROGHO	7	A	4	07/08/93	10	7.98
KOROGHO	7	A	4	07/08/93	20	8.83
KOROGHO	7	A	4	07/08/93	40	9.35
KOROGHO	7	A	4	07/08/93	60	9.25
KOROGHO	7	A	4	07/08/93	80	9.84
KOROGHO	7	A	4	07/08/93	100	9.49
IRISSA	13	76	7	07/08/93	10	7.64
IRISSA	13	76	7	07/08/93	20	9.47
IRISSA	13	76	7	07/08/93	40	10.03
IRISSA	13	76	7	07/08/93	60	12.45
IRISSA	13	76	7	07/08/93	80	14.16
IRISSA	13	76	7	07/08/93	100	12.92
KINDA	14	78	0	07/08/93	10	8.18
KINDA	14	78	0	07/08/93	20	9.55
KINDA	14	78	0	07/08/93	40	10.53
KINDA	14	78	0	07/08/93	60	10.89
KINDA	14	78	0	07/08/93	80	12.12
KINDA	14	78	0	07/08/93	100	13.19
KINDA	2	78	2	07/08/93	10	7.11
KINDA	2	78	2	07/08/93	20	8.69
KINDA	2	78	2	07/08/93	40	9.42
KINDA	2	78	2	07/08/93	60	10.54
KINDA	2	78	2	07/08/93	80	11.53
KINDA	2	78	2	07/08/93	100	7.66
DANIEL	10	77	1	07/08/93	10	10.42
DANIEL	10	77	1	07/08/93	20	6.10
DANIEL	10	77	1	07/08/93	40	7.88
DANIEL	10	77	1	07/08/93	60	10.65
DANIEL	10	77	1	07/08/93	80	11.23
DANIEL	10	77	1	07/08/93	100	10.10
BOUKARY	5	72	17	07/08/93	10	7.04
BOUKARY	5	72	17	07/08/93	20	8.61
BOUKARY	5	72	17	07/08/93	40	10.23
BOUKARY	5	72	17	07/08/93	60	12.65
BOUKARY	5	72	17	07/08/93	80	14.43
BOUKARY	5	72	17	07/08/93	100	14.54
CHEF	6	51	5	07/08/93	10	7.19
CHEF	6	51	5	07/08/93	20	9.93
CHEF	6	51	5	07/08/93	40	10.29
CHEF	6	51	5	07/08/93	60	10.52
CHEF	6	51	5	07/08/93	80	10.03
CHEF	6	51	5	07/08/93	100	8.35
boukary	5	72	17	07/08/93	10	10.46
boukary	5	72	17	07/08/93	20	12.25
boukary	5	72	17	07/08/93	40	11.30
boukary	5	72	17	07/08/93	60	10.89
boukary	5	72	17	07/08/93	80	13.29
boukary	5	72	17	07/08/93	100	13.10
boukary	5	72	17	07/08/93	10	8.08
boukary	5	72	17	07/08/93	20	10.79
boukary	5	72	17	07/08/93	40	10.68
boukary	5	72	17	07/08/93	60	11.48

boukary	5	72	17	07/08/93	80	11.70
boukary	5	72	17	07/08/93	100	10.18
boukary	5	72	17	07/08/93	10	8.41
boukary	5	72	17	07/08/93	20	10.86
boukary	5	72	17	07/08/93	40	10.32
boukary	5	72	17	07/08/93	60	12.26
boukary	5	72	17	07/08/93	80	11.29
boukary	5	72	17	07/08/93	100	10.40
boukary	5	72	17	07/08/93	10	9.00
boukary	5	72	17	07/08/93	20	11.83
boukary	5	72	17	07/08/93	40	11.95
boukary	5	72	17	07/08/93	60	13.80
boukary	5	72	17	07/08/93	80	14.46
boukary	5	72	17	07/08/93	100	12.47
boukary	5	72	17	18/06/93	10	5.92
boukary	5	72	17	18/06/93	20	5.82
boukary	5	72	17	18/06/93	40	4.50
boukary	5	72	17	18/06/93	60	6.05
boukary	5	72	17	18/06/93	80	8.35
boukary	5	72	17	18/06/93	100	8.06
boukary	5	72	17	18/06/93	10	6.97
boukary	5	72	17	18/06/93	20	6.59
boukary	5	72	17	18/06/93	40	5.06
boukary	5	72	17	18/06/93	60	12.69
boukary	5	72	17	18/06/93	80	8.76
boukary	5	72	17	18/06/93	100	8.78
boukary	5	72	17	18/06/93	10	6.59
boukary	5	72	17	18/06/93	20	5.96
boukary	5	72	17	18/06/93	40	4.48
boukary	5	72	17	18/06/93	60	7.36
boukary	5	72	17	18/06/93	80	9.85
boukary	5	72	17	18/06/93	100	9.75
boukary	5	72	17	18/06/93	10	7.99
boukary	5	72	17	18/06/93	20	10.05
boukary	5	72	17	18/06/93	40	10.28
boukary	5	72	17	18/06/93	60	11.22
boukary	5	72	17	18/06/93	80	12.96
boukary	5	72	17	18/06/93	100	11.13
KOROGHO	7	A	4	21/08/93	10	11.54
KOROGHO	7	A	4	21/08/93	20	11.37
KOROGHO	7	A	4	21/08/93	40	10.94
KOROGHO	7	A	4	21/08/93	60	11.01
KOROGHO	7	A	4	21/08/93	80	10.92
KOROGHO	7	A	4	21/08/93	100	11.17
IRISSA	13	76	7	21/08/93	10	12.91
IRISSA	13	76	7	21/08/93	20	12.25
IRISSA	13	76	7	21/08/93	40	11.91
IRISSA	13	76	7	21/08/93	60	13.07
IRISSA	13	76	7	21/08/93	80	14.64
IRISSA	13	76	7	21/08/93	100	13.84
DANIEL	10	77	1	21/08/93	10	12.41
DANIEL	10	77	1	21/08/93	20	12.79
DANIEL	10	77	1	21/08/93	40	12.17
DANIEL	10	77	1	21/08/93	60	13.71
DANIEL	10	77	1	21/08/93	80	14.80
DANIEL	10	77	1	21/08/93	100	14.08
DANIEL	12	77	2	21/08/93	10	13.22
DANIEL	12	77	2	21/08/93	20	12.56
DANIEL	12	77	2	21/08/93	40	12.44
DANIEL	12	77	2	21/08/93	60	12.84

DANIEL	12	77	2	21/08/93	80	13.10
DANIEL	12	77	2	21/08/93	100	14.06
KINDA	2	78	2	21/08/93	10	10.79
KINDA	2	78	2	21/08/93	20	11.74
KINDA	2	78	2	21/08/93	40	11.81
KINDA	2	78	2	21/08/93	60	12.10
KINDA	2	78	2	21/08/93	80	13.55
KINDA	2	78	2	21/08/93	100	14.32
KINDA	14	78	0	21/08/93	10	14.13
KINDA	14	78	0	21/08/93	20	12.49
KINDA	14	78	0	21/08/93	40	12.44
KINDA	14	78	0	21/08/93	60	12.55
KINDA	14	78	0	21/08/93	80	13.76
KINDA	14	78	0	21/08/93	100	14.74
NOMBO	9	80	9	21/08/93	10	11.32
NOMBO	9	80	9	21/08/93	20	11.58
NOMBO	9	80	9	21/08/93	40	12.22
NOMBO	9	80	9	21/08/93	60	14.74
NOMBO	9	80	9	21/08/93	80	16.15
NOMBO	9	80	9	21/08/93	100	15.70
BOUKARY	5	72	17	21/08/93	10	9.12
BOUKARY	5	72	17	21/08/93	20	11.83
BOUKARY	5	72	17	21/08/93	40	12.67
BOUKARY	5	72	17	21/08/93	60	12.51
BOUKARY	5	72	17	21/08/93	80	13.16
BOUKARY	5	72	17	21/08/93	100	9.15
CHEF	6	51	5	21/08/93	10	12.50
CHEF	6	51	5	21/08/93	20	12.23
CHEF	6	51	5	21/08/93	40	12.01
CHEF	6	51	5	21/08/93	60	12.27
CHEF	6	51	5	21/08/93	80	12.01
CHEF	6	51	5	21/08/93	100	13.09
boukary	5	72	17	21/08/93	10	11.35
boukary	5	72	17	21/08/93	20	13.10
boukary	5	72	17	21/08/93	40	12.81
boukary	5	72	17	21/08/93	60	13.12
boukary	5	72	17	21/08/93	80	13.85
boukary	5	72	17	21/08/93	100	13.86
boukary	5	72	17	21/08/93	10	11.25
boukary	5	72	17	21/08/93	20	12.32
boukary	5	72	17	21/08/93	40	12.76
boukary	5	72	17	21/08/93	60	13.36
boukary	5	72	17	21/08/93	80	14.59
boukary	5	72	17	21/08/93	100	13.45
boukary	5	72	17	21/08/93	10	11.42
boukary	5	72	17	21/08/93	20	12.43
boukary	5	72	17	21/08/93	40	12.48
boukary	5	72	17	21/08/93	60	14.41
boukary	5	72	17	21/08/93	80	15.04
boukary	5	72	17	21/08/93	100	13.61
boukary	5	72	17	21/08/93	10	11.67
boukary	5	72	17	21/08/93	20	12.39
boukary	5	72	17	21/08/93	40	12.68
boukary	5	72	17	21/08/93	60	13.22
boukary	5	72	17	21/08/93	80	14.71
boukary	5	72	17	21/08/93	100	14.33
NOMBO	9	80	9	11/09/93	10	8.92
NOMBO	9	80	9	11/09/93	20	9.51
NOMBO	9	80	9	11/09/93	40	10.10
NOMBO	9	80	9	11/09/93	60	13.44

NOMBO	9	80	9	11/09/93	80	15.66
NOMBO	9	80	9	11/09/93	100	15.85
NOMBO	8	80	5	11/09/93	10	8.69
NOMBO	8	80	5	11/09/93	20	9.58
NOMBO	8	80	5	11/09/93	40	10.58
NOMBO	8	80	5	11/09/93	60	13.32
NOMBO	8	80	5	11/09/93	80	15.23
NOMBO	8	80	5	11/09/93	100	14.83
BOUKARY	5	72	17	11/09/93	10	6.67
BOUKARY	5	72	17	11/09/93	20	7.20
BOUKARY	5	72	17	11/09/93	40	9.95
BOUKARY	5	72	17	11/09/93	60	12.14
BOUKARY	5	72	17	11/09/93	80	13.97
BOUKARY	5	72	17	11/09/93	100	13.65
boukary	5	72	17	11/09/93	100	8.14
boukary	5	72	17	11/09/93	100	9.65
boukary	5	72	17	11/09/93	100	10.93
boukary	5	72	17	11/09/93	100	11.67
boukary	5	72	17	11/09/93	100	13.36
boukary	5	72	17	11/09/93	100	13.75
boukary	5	72	17	11/09/93	10	9.26
boukary	5	72	17	11/09/93	20	9.85
boukary	5	72	17	11/09/93	40	10.70
boukary	5	72	17	11/09/93	60	13.14
boukary	5	72	17	11/09/93	80	14.72
boukary	5	72	17	11/09/93	100	13.90
boukary	5	72	17	11/09/93	10	9.64
boukary	5	72	17	11/09/93	20	9.91
boukary	5	72	17	11/09/93	40	10.97
boukary	5	72	17	11/09/93	60	12.71
boukary	5	72	17	11/09/93	80	14.66
boukary	5	72	17	11/09/93	100	14.26
boukary	5	72	17	11/09/93	10	11.28
boukary	5	72	17	11/09/93	20	10.40
boukary	5	72	17	11/09/93	40	9.65
boukary	5	72	17	11/09/93	60	13.96
boukary	5	72	17	11/09/93	80	13.87
boukary	5	72	17	11/09/93	100	14.66
KINDA	2	78	2	11/09/93	10	8.65
KINDA	2	78	2	11/09/93	20	9.19
KINDA	2	78	2	11/09/93	40	9.83
KINDA	2	78	2	11/09/93	60	10.64
KINDA	2	78	2	11/09/93	80	12.40
KINDA	2	78	2	11/09/93	100	13.25
IRISSA	13	76	7	11/09/93	10	9.45
IRISSA	13	76	7	11/09/93	20	9.76
IRISSA	13	76	7	11/09/93	40	10.02
IRISSA	13	76	7	11/09/93	60	11.27
IRISSA	13	76	7	11/09/93	80	13.91
IRISSA	13	76	7	11/09/93	100	14.86
DANIEL	10	77	1	11/09/93	10	11.87
DANIEL	10	77	1	11/09/93	20	10.92
DANIEL	10	77	1	11/09/93	40	10.66
DANIEL	10	77	1	11/09/93	60	12.09
DANIEL	10	77	1	11/09/93	80	13.92
DANIEL	10	77	1	11/09/93	100	14.88
DANIEL	12	77	2	11/09/93	100	9.87
DANIEL	12	77	2	11/09/93	100	10.23
DANIEL	12	77	2	11/09/93	100	9.95
DANIEL	12	77	2	11/09/93	100	9.73

DANIEL	12	77	2	11/09/93	100	10.41
DANIEL	12	77	2	11/09/93	100	12.57
CHEF	6	51	5	11/09/93	10	9.08
CHEF	6	51	5	11/09/93	20	10.57
CHEF	6	51	5	11/09/93	40	10.76
CHEF	6	51	5	11/09/93	60	11.02
CHEF	6	51	5	11/09/93	80	11.78
CHEF	6	51	5	11/09/93	100	12.19
KOROGHO	7	A	4	17/09/93	10	10.67
KOROGHO	7	A	4	17/09/93	20	10.62
KOROGHO	7	A	4	17/09/93	40	11.04
KOROGHO	7	A	4	17/09/93	60	11.26
KOROGHO	7	A	4	17/09/93	80	11.29
KOROGHO	7	A	4	17/09/93	100	11.92
IRISSA	13	76	7	17/09/93	10	11.18
IRISSA	13	76	7	17/09/93	20	11.78
IRISSA	13	76	7	17/09/93	40	13.16
IRISSA	13	76	7	17/09/93	60	13.30
IRISSA	13	76	7	17/09/93	80	14.57
IRISSA	13	76	7	17/09/93	100	14.63
DANIEL	10	77	1	17/09/93	10	13.21
DANIEL	10	77	1	17/09/93	20	13.42
DANIEL	10	77	1	17/09/93	40	13.12
DANIEL	10	77	1	17/09/93	60	14.26
DANIEL	10	77	1	17/09/93	80	15.09
DANIEL	10	77	1	17/09/93	100	15.16
KINDA	14	78	0	17/09/93	10	13.71
KINDA	14	78	0	17/09/93	20	14.77
KINDA	14	78	0	17/09/93	40	12.11
KINDA	14	78	0	17/09/93	60	12.51
KINDA	14	78	0	17/09/93	80	13.98
KINDA	14	78	0	17/09/93	100	14.41
DANIEL	12	77	2	17/09/93	10	11.29
DANIEL	12	77	2	17/09/93	20	11.75
DANIEL	12	77	2	17/09/93	40	12.26
DANIEL	12	77	2	17/09/93	60	11.86
DANIEL	12	77	2	17/09/93	80	12.53
DANIEL	12	77	2	17/09/93	100	12.11
KINDA	2	78	2	17/09/93	10	12.10
KINDA	2	78	2	17/09/93	20	12.56
KINDA	2	78	2	17/09/93	40	12.27
KINDA	2	78	2	17/09/93	60	12.27
KINDA	2	78	2	17/09/93	80	13.87
KINDA	2	78	2	17/09/93	100	14.07
NOMBO	9	80	9	17/09/93	10	11.08
NOMBO	9	80	9	17/09/93	20	11.35
NOMBO	9	80	9	17/09/93	40	9.98
NOMBO	9	80	9	17/09/93	60	13.11
NOMBO	9	80	9	17/09/93	80	14.51
NOMBO	9	80	9	17/09/93	100	13.47
BOUKARY	5	72	17	17/09/93	10	10.17
BOUKARY	5	72	17	17/09/93	20	11.28
BOUKARY	5	72	17	17/09/93	40	12.12
BOUKARY	5	72	17	17/09/93	60	11.03
BOUKARY	5	72	17	17/09/93	80	12.58
BOUKARY	5	72	17	17/09/93	100	13.30
boukary	5	72	17	17/09/93	10	11.88
boukary	5	72	17	17/09/93	20	12.90
boukary	5	72	17	17/09/93	40	12.34
boukary	5	72	17	17/09/93	60	12.18

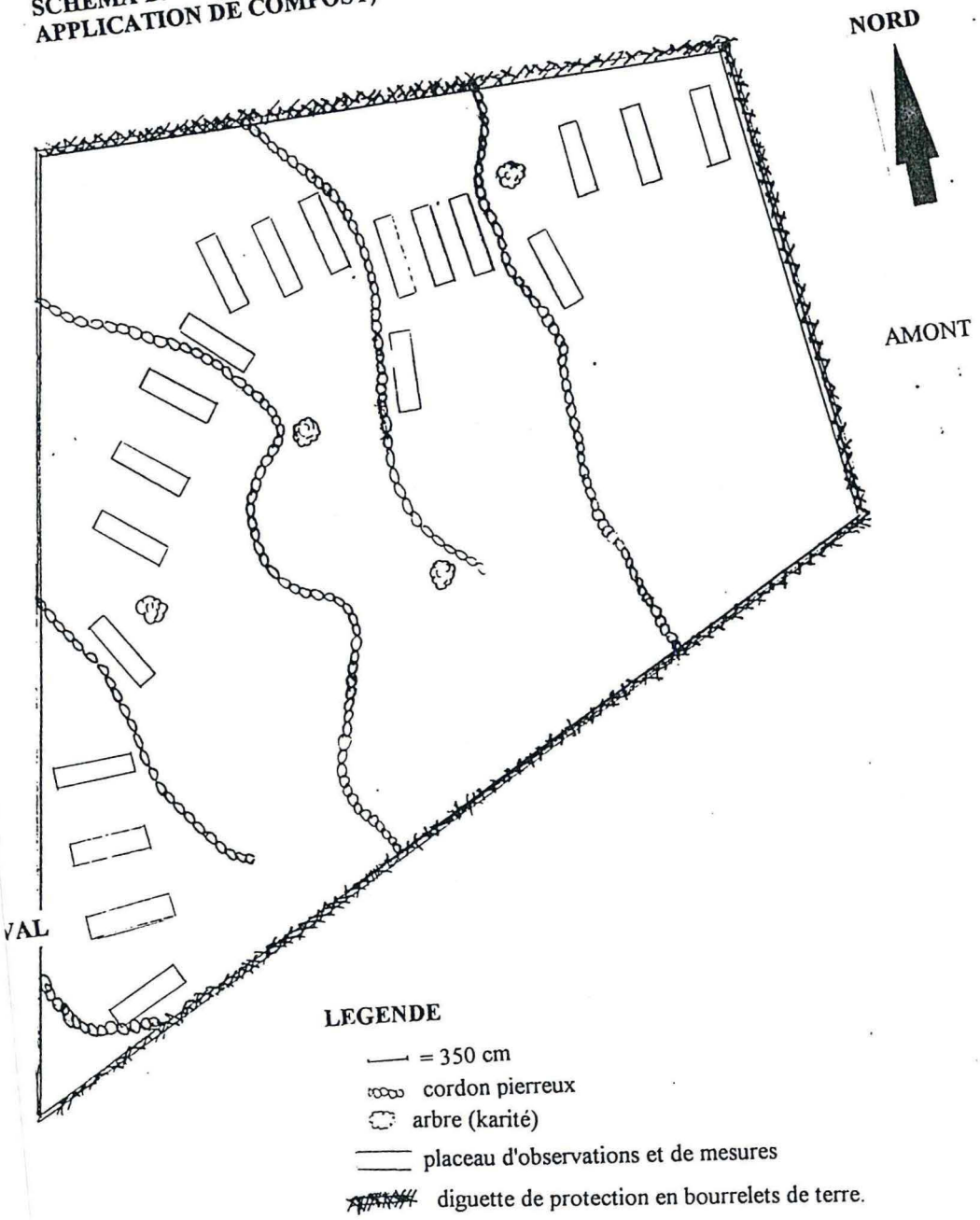
boukary	5	72	17	17/09/93	80	14.05
boukary	5	72	17	17/09/93	100	13.56
boukary	5	72	17	17/09/93	10	11.19
boukary	5	72	17	17/09/93	20	12.95
boukary	5	72	17	17/09/93	40	14.49
boukary	5	72	17	17/09/93	60	13.44
boukary	5	72	17	17/09/93	80	14.78
boukary	5	72	17	17/09/93	100	14.29
boukary	5	72	17	17/09/93	10	9.84
boukary	5	72	17	17/09/93	20	11.64
boukary	5	72	17	17/09/93	40	11.57
boukary	5	72	17	17/09/93	60	12.22
boukary	5	72	17	17/09/93	80	14.48
boukary	5	72	17	17/09/93	100	13.86
boukary	5	72	17	17/09/93	10	12.48
boukary	5	72	17	17/09/93	20	13.87
boukary	5	72	17	17/09/93	40	14.07
boukary	5	72	17	17/09/93	60	14.15
boukary	5	72	17	17/09/93	80	14.24
boukary	5	72	17	17/09/93	100	13.45
CHEF	6	51	5	17/09/93	10	9.48
CHEF	6	51	5	17/09/93	20	11.35
CHEF	6	51	5	17/09/93	40	11.87
CHEF	6	51	5	17/09/93	60	11.93
CHEF	6	51	5	17/09/93	80	11.75
CHEF	6	51	5	17/09/93	100	12.38

PARCELLE AMENAGEE(cordon pierreux et compost).
PROFILS HYDRIQUES A DIFFERENTES DISTANCES EN AMONT DE LA DIGUET
A DIFFERENTES DATES en %

		DISTANCES AMONT (m)			
DATE	PROFONDEU (cm)	20	15	10	5
17/6/93	0-10	5.92	6.97	6.59	7.99
	10-20	5.82	6.59	5.91	10.05
	20-40	4.5	5.06	4.48	10.28
	40-60	6.05	12.69	7.36	11.22
	60-80	8.35	8.76	9.85	12.96
	80-100	8.06	8.78	9.75	11.13
7/8/93					
	0-10	10.46	8.08	8.41	9
	10-20	12.25	10.79	10.86	11.83
	20-40	11.3	10.68	10.32	11.95
	40-60	10.89	11.48	12.26	13.8
	60-80	13.29	11.7	11.29	14.46
	80-100	13.1	10.18	10.4	12.47
21/8/93					
	0-10	11.3	11.25	11.42	11.67
	10-20	13.1	12.32	12.43	12.39
	20-40	12.81	12.76	12.48	12.68
	40-60	13.12	13.36	14.41	13.22
	60-80	13.85	14.59	15.04	14.71
	80-100	13.86	13.45	13.61	14.33
11/9/93					
	0-10	8.41	9.26	9.64	11.28
	10-20	9.65	9.85	9.91	10.4
	20-40	10.93	10.7	10.97	9.65
	40-60	11.67	13.14	12.71	13.96
	60-80	13.36	14.72	14.66	13.87
	80-100	13.75	13.9	14.26	14.66
17/9/93					
	0-10	11.8	11.19	9.84	12.48
	10-20	12.9	12.95	11.64	13.87
	20-40	12.34	14.49	11.57	14.07
	40-60	12.18	13.44	12.22	14.15
	60-80	14.05	14.78	14.48	14.24
	80-100	13.56	14.29	13.86	13.45

annexe 5:

SCHEMA DE LA PARCELLE "AMENAGEE" (CORDON PIERREUX + APPLICATION DE COMPOST).



annexe 6: Ruissellements observés sur les parcelles de la chronoséquence

	0 AN(VEGETATION NATURELLE)				
DATE	PLUIE	ruiss.	ruiscum	Kr(%)	Kr.cum
	mm	mm	mm		
'19/7	15	1.23	1.23	8.21	8.2
'22/7	43	6.65	7.8801	15.47	13.58638
'24/7	1	0.25	8.1264	24.63	13.77356
'25/7	34	9.36	17.4858	27.53	18.80194
'30/7	27	3.69	21.1803	13.68	17.65025
'4/8	20	3.69	24.8748	18.47	17.76771
'12/8	20	3.69	28.5693	18.47	17.85581
'13/8	27	3.20	31.7712	11.86	16.98995
'16/8	12	1.23	33.0027	10.26	16.58427
'18/8	28	3.69	36.6972	13.19	16.16617
'20/8	68	11.58	48.2733	17.02	16.36383
'24/8	8	0.49	48.7659	6.16	16.09436
'25/8	16	1.72	50.49	10.78	15.82759
'28/8	2	0.00	50.49	0.00	15.72897
'30/8	10	3.69	54.1845	36.95	16.36994
'2/9	11	0.99	55.1697	8.96	16.13149
'5/9	19	0.25	55.416	1.30	15.35069
'10/9	6	0.00	55.416	0.00	15.09973
'11/9	13	2.71	58.1253	20.84	15.29613
'13/9	8	0.00	58.1253	0.00	14.98075
'16/9	44	2.96	61.0809	6.72	14.1391
'21/9	2	0.00	61.0809	0.00	14.07394
'21/9	15	0.25	61.3272	1.64	13.65862
'24/9	16.5	0.62	61.94295	3.73	13.30676

DATE	1 AN(NOUVELLE DEFRICHE=DANIEL)				
	PLUIE	ruis.	ruis.cum	Kr (%)	Kr.cum
'19/7	mm	mm	mm		
'22/7	15	0.00	0	0.00	0
'24/7	43	2.46	2.463	5.73	4.246552
'25/7	1	0.25	2.7093	24.63	4.592034
'30/7	34	11.33	14.0391	33.32	15.09581
'4/8	27	4.43	18.4725	16.42	15.39375
'12/8	20	4.19	22.6596	20.94	16.18543
'13/8	20	8.62	31.2801	43.10	19.55006
'16/8	27	1.72	33.0042	6.39	17.6493
'18/8	12	2.22	35.2209	18.47	17.69894
'20/8	28	5.42	40.6395	19.35	17.90286
'24/8	66	36.95	77.5845	55.98	26.47935
'25/8	8	0.99	78.5697	12.32	26.10289
'28/8	18	1.72	80.2938	9.58	25.17047
'30/8	3	0.00	80.2938	0.00	24.93596
'2/9	10	2.34	82.63365	23.40	24.88965
'5/9	14	1.48	84.11145	10.56	24.30967
'10/9	19	2.22	86.32815	11.67	23.65155
'11/9	8	2.96	89.28375	36.95	23.93666
'13/9	14.5	0.74	90.02265	5.10	23.23165
'16/9	8.5	1.11	91.131	13.04	23.01288
'21/9	41	4.68	95.8107	11.41	21.92465
'21/9	2	0.00	95.8107	0.00	21.82476
'24/9	15	1.48	97.2885	9.85	21.42919

2ANS (KINDA).

DATE	PLUIE mm	ruis. mm	ruis.cum mm	Kr (%)	Kr.cum
'19/7	15	1.23	1.23	8.21	8.2
'22/7	43	18.97	20.1951	44.10	34.81914
'24/7	1	0.25	20.4414	24.63	34.64644
'25/7	34	22.66	43.101	66.65	46.34516
'30/7	27	12.32	55.416	45.61	46.18
'4/8	20	10.59	66.0069	52.95	47.14779
'12/8	20	5.17	71.1792	25.86	44.487
'13/8	27	0.74	71.9181	2.74	38.45888
'16/8	12	1.72	73.6422	14.37	37.00613
'18/8	28	13.30	86.9424	47.50	38.30062
'20/8	68	16.99	103.9371	24.99	35.23292
'24/8	8	1.72	105.6612	21.55	34.87168
'25/8	16	2.22	107.8779	13.85	33.81752
'28/8	2	0.00	107.8779	0.00	33.60682
'30/8	10	5.42	113.2965	54.19	34.22855
'2/9	11	1.97	115.2669	17.91	33.70377
'5/9	19	3.94	119.2077	20.74	33.02152
'10/9	6	3.94	123.1485	65.68	33.55545
'11/9	13	1.97	125.1189	15.16	32.92603
'13/9	8	0.49	125.6115	6.16	32.3741
'16/9	44	7.64	133.2468	17.35	30.84417
'21/9	2	0.00	133.2468	0.00	30.70203
'21/9	15	2.46	135.7098	16.42	30.2249
'24/9	16.5	1.11	136.8182	6.72	29.39165

4 ANS (KOROGHO)

DATE	PLUIE mm	ruis. mm	ruis.cum mm	Kr (%)	Kr.cum
'19/7	36	0.00	0	0.00	0
'22/7	38	13.79	13.7928	36.30	18.63892
'24/7	2	0.25	14.0391	12.32	18.4725
'25/7	34	8.87	22.9059	26.08	20.82355
'30/7	24	3.45	26.3541	14.37	19.66724
'4/8	32	11.82	38.1765	36.95	22.99789
'12/8	14	3.45	41.6247	24.63	23.12483
'13/8	25	1.23	42.8562	4.93	20.90546
'16/8	10	0.49	43.3488	4.93	20.16223
'18/8	30	3.69	47.0433	12.32	19.20135
'20/8	56	28.08	75.1215	50.14	24.95731
'24/8	3	0.00	75.1215	0.00	24.71102
'25/8	4	0.00	75.1215	0.00	24.3901
'28/8	23	1.72	76.8456	7.50	23.21619
'30/8	10	0.00	76.8456	0.00	22.53537
'2/9	23	0.74	77.5845	3.21	21.31442
'5/9	20	4.93	82.5105	24.63	21.48711
'10/9	3	1.72	84.2346	57.47	21.76605
'11/9	30	3.69	87.9291	12.32	21.08612
'13/9	8	0.00	87.9291	0.00	20.6892
'16/9	40.5	4.80	92.73195	11.86	19.92093
'21/9	18	0.25	92.97825	1.37	19.23025
'21/9	14	0.00	92.97825	0.00	18.6891
'24/9					

'5 ANS (CHEF)

DATE	PLUIE mm	ruis. mm	ruis.cum mm	Kr (%)	Kr.cum
'19/7	16	0.30	0.3	1.85	1.875
'22/7	45	16.93	17.23313	37.63	28.25102
'24/7	3	0.06	17.2947	2.05	27.02297
'25/7	33	20.75	38.04548	62.88	39.22214
'30/7	24	8.99	47.03543	37.46	38.87225
'4/8	14	5.91	52.94663	42.22	39.21972
'12/8	17	7.14	60.08933	42.02	39.53245
'13/8	32	6.71	66.801	20.97	36.30489
'16/8	14	4.99	71.78858	35.63	36.25686
'18/8	32	16.26	88.04438	50.80	38.28016
'20/8	68	0.00	88.04438	0.00	29.54509
'24/8	8.5	2.80	90.84604	32.96	29.63982
'25/8	14	2.22	93.06274	15.83	29.03674
'28/8	15	5.54	98.60449	36.95	29.39031
'30/8	2	0.00	98.60449	0.00	29.21614
'2/9	12	3.94	102.5453	32.84	29.34057
'5/9	12	0.06	102.6069	0.51	28.38364
'10/9	12	0.68	103.2842	5.64	27.65306
'11/9	20	9.24	112.5204	46.18	28.59477
'13/9	9	1.60	114.1214	17.79	28.35314
'16/9	17.5	6.56	120.6791	37.47	28.73313
'21/9	12	2.34	123.019	19.50	28.47661
'21/9	50	31.40	154.4222	62.81	32.03781
'24/9	4	0.37	154.7917	9.24	31.85014
	8	3.20	157.9936	40.02	31.98251
	18	4.43	162.427	24.63	31.72402
	18	4.43	166.857	24.61	31.48

9 ANS (NOMBO)

DATE	PLUIE mm	ruis. mm	ruis.cum mm	Kr (%)	Kr.cum
'19/7	15	0.00	0	0.00	0
'22/7	43	23.89	23.8911	55.56	41.19155
'24/7	1	0.25	24.1374	24.63	40.91085
'25/7	34	23.40	47.5359	68.82	51.11387
'30/7	27	4.43	51.9693	16.42	43.30775
'4/8	20	7.39	59.3583	36.95	42.39879
'12/8	20	6.16	65.5158	30.79	40.94738
'13/8	27	0.74	66.2547	2.74	35.43032
'16/8	12	3.69	69.9492	30.79	35.15035
'18/8	28	9.11	79.0623	32.55	34.82921
'20/8	68	50.98	130.0464	74.98	44.08353
'24/8	11	0.00	130.0464	0.00	42.49882
'25/8	16	1.97	132.0168	12.32	40.99901
'28/8	3	0.00	132.0168	0.00	40.62055
'30/8	10	1.23	133.2483	12.32	39.77561
'2/9	12	1.48	134.7261	12.32	38.82597
'5/9	19	0.25	134.9724	1.30	36.8777
'10/9	7	0.00	134.9724	0.00	36.18563
'11/9	15.5	0.49	135.465	3.18	34.86873
'13/9	9	0.00	135.465	0.00	34.07925
'16/9	48	10.34	145.8096	21.55	32.72943
'21/9	16	2.22	148.0263	13.85	32.07504
'21/9	2	0.00	148.0263	0.00	31.93663
'24/9	16.5	0.86	148.8884	5.22	31.01841

17 ANS (BOUKARE)

DATE	PLUIE mm	ruis. mm	ruis.cum mm	Kr (%)	Kr.cum
'19/7	16	0.49	0.49	3.08	3.0625
'22/7	45	22.17	22.657	49.26	37.14262
'24/7	3	0.00	22.657	0.00	35.40156
'25/7	33	23.28	45.93235	70.53	47.35294
'30/7	24	9.73	55.6612	40.54	46.00099
'4/8	14	3.20	58.8631	22.87	43.6023
'12/8	17	7.14	66.0058	42.02	43.42487
'13/8	32	6.65	72.6559	20.78	39.4869
'16/8	14	6.65	79.306	47.50	40.05354
'18/8	32	17.61	96.91645	55.03	42.13759
'20/8	68	0.00	96.91645	0.00	32.5223
'24/8	7	4.06	100.9804	58.06	33.10833
'25/8	9	4.19	105.1675	46.52	33.49283
'28/8	17.5	7.70	112.8644	43.98	34.04657
'30/8	1.5	0.00	112.8644	0.00	33.89321
'2/9	11	6.65	119.5145	60.46	34.74258
'5/9	8	1.97	121.4849	24.63	34.51275
'10/9	15	1.23	122.7164	8.21	33.4377
'11/9	20	14.78	137.4944	73.89	35.52826
'13/9	8.5	4.49	141.9894	52.88	35.90123
'16/9	17	9.85	151.8414	57.95	36.81002
'21/9	13	3.69	155.5359	28.42	36.55367
'21/9	50	36.95	192.4809	73.89	40.47967
'24/9	2	0.86	193.3429	43.10	40.49066
	8	7.02	200.3625	87.74	41.2693
	18	7.76	208.1209	43.10	41.33484
	18	7.76	215.8809	43.11	41.39

annexe 7:

RESULTATS DES MESURES DE PRODUCTIVITE SUR LES PARCELLES CARACTERISATION.

rep	Age	hauteur à 50 j (cm)	hauteur à maturité (cm)	pan. kg/ha	pail kg/ha	grains kg/ha
1	1	48.3	129.8	654	3208	354
2	1	40.2	120.2	579	2080	341
3	2	96.8	178	1992	6213	1352
4	2	19.2	171.2	1939	5733	1325
5	2	49.7	137.7	653	3347	271
6	4	49.2	150.2	724	3488	283
7	4	90.2	167.1	1304	4608	784
8	4	89.7	167	820	5170	461
9	5	54.5	133.9	616	3296	261
10	5	61.3	129.9	590	3140	297
11	5	53.6	136.8	507	3133	183
12	5	86.4	152.5	700	2107	412
13	5	76.1	142.4	592	1987	312
14	7	61.8	132.8	596	2600	283
15	9	71.3	139.9	620	3300	266
16	17	80.3	167	405	1080	147
17	17	39.1	139.2	1512	3667	952

rep	Age	milleg g	biomaeri kg/ha	racines kg/ha	biomtot kg/ha
1	1	18.8	3863	418	4281
2	1	17.2	2659	268	2927
3	2	17.6	8205	999	9204
4	2	21.7	7672	862	8534
5	2	13.4	4000	432	4432
6	4	14.0	4212	510	4722
7	4	18.8	5912	683	6595
8	4	12.0	5990	889	6879
9	5	16.0	3912	417	4329
10	5	13.9	3730	401	4131
11	5	12.8	3640	396	4036
12	5	17.1	2807	314	3121
13	5	17.0	2579	285	2864
14	7	11.7	3196	343	3539
15	9	14.3	3920	448	4368
16	17	12.4	1485	179	1664
17	17	18.4	5179	582	5761

Pan = rendement en panicules
biomaeri = Biomasse aerienne.
Biomtot = biomasse totale
Pail = paille ou tiges

milegr = Mille grains

annexe 8: Résultats sur les variables observées sur les parcelles de contrôle

```
+-------------------------------------------------------------+
|CODIFICATIONS DES VARIABLES POUR LES PARCELLES DE CONTROLE    |
+-------------------------------------------------------------+


      AGE       RDT      TOPO     TEXTU  EQUIPEM STATSOC   STATECO
       V1       V2        V3      'V4       V5       V6       V7
RIGOLE   CLAIRIERE
V8       V9
PRCEDENT ADVNTIC1 ADVNTIC2  TRAITSEM  ARBR/HA
     V10       V11       V12       V13     V14


      AGE       V1 observé
      RDT       V2 observé
     TOPO       V3 1=haut de pente   2=mis pente       3=glacis
    TEXTU       V4 1=argileux        2=sableux         3=limon-sableux
  EQUIPEM       V5 1=attelé          2=manuel
 STATSOC        V6 1=migrant         2=autochtone
  STATECO       V7 1=aisé            2=moyen           3=faible
   RIGOLE       V8 1=oui     2=non
CLAIRIERE       V9 1=oui             2=non
PRCEDENT       V10 '1=veg.naturelle  2=jachèrte
                   4=5<monocult.cereal<10ans
                   3=monocul.cereal<5ans
                   5=monocult.cereal>10ans
ADVNTIC1       V11 110=Enherbé au moment du 1er sarclage
                   111=Enherbé au moment du 1er sarclage avec pieds de
                   Digitaria/m2>20
                   112=enherbé au moment du premier sarclage
                   avec nbre de pieds  de Striga/m2>5.
                   100=propre au moment du 1 er sarclage.
ADVNTIC2       V12 200=propre au moment du 2 èmme sarclage
                   210=Enherbé au 2 èmme sarclage
                   211=Enherbé au moment du 2 ème sarclage
                   avec pieds de digitaria/m2>20
                   212=Enherbé au 2 ème sarclage avec pieds striga/m2>5
 TRAITSEM       V131=oui traité      2=non traité
  ARBR/HA       V14 obsrevé


TRANSFORMATION DES VARIABLES A EXPLIQUER EN CLASSES.
Variables          Classes            Définition
Pan                      1            X>500KG/HA
                         2            300<X<500KG/HA
                         3            X<300KG/HA


pail                     1            X>3000KG/HA
                         2            1500<X<3000KG/HA
                         3            X<1500KG/HA


grains                   1            X>500KG/HA
                         2            250<X<500KG/HA
                         3            X<250KG/HA
```

millegr	1	X>15 g
	2	13<X<15 g
	3	X<13 g
racines	1	X>400KG/HA
	2	200<X<400KG/HA
	3	X<200KG/HA
biototale	1	X>4000 KG/HA
	2	3000<X<4000KG/HA
	3	X<3000KG/HA
abres/ha	1	X>15
	2	10<X<15
	3	X<10
age	1	X<4
	2	5<X<8
	3	X>8

RESULTATS SUR LES VARIABLES OBSERVEES SUR LES PARCELLES DE CON
DE CONTROLE

rep	Age	panic. kg/ha	pail kg/ha	grains kg/ha	milgr g	biomasse aerienne kg/ha
1	2	310	5800	1500	14.4	6110
2	2	1992	6213	1352	17.6	8205
3	2	1939	5733	1325	21.7	7672
4	2	1850	6448	1240	21.4	8298
5	2	1000	3484	670	18.3	4484
6	2	653	3347	271	13.4	4000
7	3	720	3600	600	15.7	4320
8	3	920	3360	560	17.2	4280
9	3	840	2726	470	15.1	3566
10	4	1304	4608	784	18.8	5912
11	4	950	4410	490	17.1	5360
12	4	820	5170	461	12.0	5990
13	4	724	3488	283	14.0	4212
14	4	330	1710	190	13.5	2040
15	5	970	3700	510	18.7	4670
16	5	700	2107	412	17.1	2807
17	5	710	3360	350	14.8	4070
18	5	592	1987	312	17.0	2579
19	5	590	3140	297	13.9	3730
20	5	616	3296	261	16.0	3912
21	5	507	3133	183	12.8	3640
22	6	490	2370	230	12.1	2860
23	6	360	1666	170	13.4	2026
24	7	760	2820	430	16.6	3580
25	7	596	2600	283	11.7	3196
26	8	550	2610	290	14.9	3160
27	8	415	2100	200	13.4	2515
28	9	468	2450	290	15.1	2918
29	9	620	3300	266	14.3	3920
30	10	590	2010	160	16.2	2600
31	11	370	870	200	12.9	1240
32	14	240	900	89	14.9	1140
33	17	405	1080	147	12.4	1485

rep	Age	racines	biomtot	positopo	rigole	clairiere
		kg/ha	kg/ha			
1	2	184	6294	3	2	2
2	2	999	9204	3	2	2
3	2	862	8534	3	2	2
4	2	709	9007	3	2	2
5	2	532	5016	3	2	2
6	2	432	4432	4	2	2
7	3	347	4667	2	2	2
8	3	627	4907	3	2	2
9	3	491	4057	3	2	2
10	4	683	6595	2	2	2
11	4	484	5844	2	2	2
12	4	889	6879	3	2	2
13	4	510	4722	2	2	2
14	4	222	2262	2	1	2
15	5	506	5176	3	2	2
16	5	314	3121	3	1	2
17	5	596	4666	3	2	1
18	5	285	2864	2	2	2
19	5	401	4131	3	2	1
20	5	417	4329	3	1	1
21	5	396	4036	2	1	1
22	6	318	3178	2	2	2
23	6	343	2369	2	1	2
24	7	400	3980	3	1	2
25	7	343	3539	3	2	2
26	8	248	3408	3	2	1
27	8	243	2758	3	1	2
28	9	349	3267	3	2	2
29	9	448	4368	3	1	1
30	10	267	2867	2	1	2
31	11	138	1378	3	1	1
32	14	127	1267	3	1	1
33	17	179	1664	3	1	1

rep	Age	precedent	adventic1	adventic2	arbre/ha
1	2	3	100	200	26
2	2	3	100	200	20
3	2	3	100	200	19
4	2	3	100	200	24
5	2	3	100	210	19
6	2	3	100	210	17
7	3	3	100	200	21
8	3	3	100	200	16
9	3	3	111	210	18
10	4	3	111	200	21
11	4	3	110	200	18
12	4	3	100	210	14
13	4	3	100	200	7
14	4	3	112	212	12
15	5	4	100	200	13
16	5	3	100	200	15
17	5	4	111	211	11
18	5	3	100	211	17
19	5	3	100	212	16
20	5	3	100	210	12
21	5	3	110	210	13
22	6	4	100	210	10
23	6	4	110	200	11
24	7	4	100	200	9
25	7	4	100	200	14
26	8	4	110	200	12
27	8	4	111	212	9
28	9	4	100	200	9
29	9	4	110	200	11
30	10	5	111	210	8
31	11	5	100	200	11
32	14	5	112	212	6
33	17	5	100	200	13

annexe 9:

RELEVES FLORISTIQUES

(Flore adventice recensée dans les parcelles du terroir de Thiougou)

ACANTHACEAE

Dicliptera verticillata (Forsck.) Chiov.

AMARANTHACEAE

Achyranthes aspera L.

Amaranthus graecizaans L.

Celosia trigyna L.

ARACEAE

Systochton hypogaeus Leper.

Systochton lancifolius Kotschy et Paritsch

ASCLEPIADACEAE

Leptadenia hastata (Pess) Decne

ASTERACEAE

Acanthospermum hispidum DC.

Aspilia bussei O Hoffn. et Muschl.

Chrysanthellum americanum (L.) Vatke

Melanthera scandens (Schum.& THonn) Roberty

Tridax procumbens L.

Vernonia galamensis (Cass.) Less.

Vioca leptoclada (Webb.) Dandy

BORAGINACEAE

Heliotropium strigosum Willd

CAESALPINACEAE

Cassia mimosoides L.

Cassia nigricans Vahl.

Cassia obtusifolia L.

piliostigma reticulatum (DC.) Hochst.

CARYOPHYLLACEAE

Cleome viscosa L.

COCCHLOSPERMACEAE

Cochlospermum planconi Hook. f.

cochlospermum tintorium A. Rich

COMMELIACEAE

Aneilema lanceolatum Benth.

Commelina bengalensis L.

Commelina forskalei Vahl.

Commelina subulata Roth.

Cyanotis lanata Benth.

CONVOLVULACEAE

Evolvulus alsinoides (L.) L.

Ipomea eriocarpa R. Br;

Ipomea heterotricha F. Dir.

CUCURBITACEAE

Mukia maderaspatana (L.) Roem.

CYPERACEAE

Bulbostylis metralis Cherm.

Fimbrystilis exilis Roem.et Schult.

Kylinga squamulata Thonn. ex Vahl

Mariscus squarrosus (L.) CB. Cl.

EUPHORBIACEAE

Acalypha segelatis Muell. Arg.

Euphorbia convolviodes Hochst.

Euphorbia hirta L.

Euphorbia hyssopifolia L;

Phyllanthus amrius Schum. & Thonn

FABACEAE

Alysicarpus ovalifolius (Schum.et Thonn.) J Leonard
Crotalaria goreensis Guill. et Perr.
Crotalaria macrocalyx Benth.
Indigofera dendroides Jacq.
Indigofera leprienrii Bak.
Indigofera secundiflora Poir.
Indigofera sessiliflora DC.
Tephrosia pedicellata Bak.
Vigna raceniosa (B. Don) Hutch. &Dalz.

LAMIACEAE
Hyptis spicigera Lam.
Leucas matrinicensis R. Br.
Ocimum basilicum L.
Ocinum canum Siims

MALVACEAE
Hibiscus asper Hook. F.
Sida alba L.
Sida rhombifolia L.
Sida urens L.

MOLLUGINACEAE
Mollugo nudicaulis Lam.

NYCTAGINACEAE
Boerhaavia diffusa L.
Boerhaavia erecta L.

POACEAE
Andropogon gayanus Kunth.
Aristida adscensionis L.
Brachiara distichophylla (Trin.) Stapf.
Brachiara jubata (Fig. & de Not.) Stapf.
Brachiara lata (Schumach.) C. E. Hubbard
Brachiara ruziziensis Germain et C. Evr.
Brachiara xantholeuca (Hack. ex Schinz.)
Chloris pilosa Schumach.
Dactylocteium aegyptium (L.) Richt./ P Beauv.
Digitaria horizontalis Will.
Digitaria Sp. X.
Eleusine indica (L.) Gaertn.
Eragrostis tremula Hoechst ex Steud
Eragrostis trigida (Schum.) De Willd.
Hackelochloa granularis (L.) Kuntze
Microchloa indica (L. f.) P. Beauv.
Panicum subalbidum Kunth.
Paspalum orbiculare Forst.
Pennisetum pedicellatum Trin.
Rottboellia exaltata (L.) L.F.
Setaria pallidefusca (Schum.) Stapf. & C. E.Hubb.
Sporobolus festivus Hochst. ex A. Rich.
Sporobolus microprotus Stapf
Sporobolus pyramidalis P.Beauv.

PORTULACEAE
Portulaca oleracea L.

RUBIACEAE
Borreria radiata (DC.) Sieber ex Hiern
Borreria scabra K. Schum.
Mitracarpus villosus (Sw.) DC.
Oldenlandia lancifolia Schweinf./ DC.
Spermacoce chaetocephala DC.
Spermacoce filifolia (Schum.& Thonn.) T.L.Lebrun et Stork

SCROPLULARIACEAE
Scoparia dulcis L. /Benth.
Striga hermontica (Del.) Benth.

SOLANACEAE
Physalis micrantha Link

Solanum nigrum L.
Solanum torvum Swartz.

STERCULACEAE
Waltheria americana L.

TRACCACEAE
Tacca leontopetaloides (L;) O. Ktze

TILIACEAE
Corchorus aestuans L.
Corchorus olitorius L.
Corchorus tridens L.
Triumfetta bartramia L.

ZYGOPHYLLACEAE
Tribulus terrestris L.

annexe 10: Pluviométrie de Manga (Ville la plus voisine de Thiougou et chef lieu de la province du Zoundweogo).

	PLUIE		RANG	ANNEE
1950	923,3		1	1984
1951	1117,3		2	1990
1952	1017,7		3	1972
1953	850,1		4	1975
1954	765,8		5	1983
1955	936		6	1985
1956	1107,2		7	1978
1957	1244,8		8	1977
1958	855,8		9	1954
1959	805,4		10	1973
1960	945,7		11	1981
1961	845		12	1959
1962	882,4		13	1982
1963	920,9		14	1961
1964	936,3		15	1953
1965	852,7		16	1965
1966	868,9		17	1958
1967	980,8		18	1966
1968	888,9		19	1976
1969	1059,5		20	1970
1970	878,7		21	1962
1971	1011		22	1968
1972	704,5		23	1988
1973	777,1		24	1979
1974	1038,2		25	1963
1975	709,9		26	1950
1976	869,2		27	1955
1977	765,1		28	1964
1978	757,5		29	1960
1979	897,1		30	1967
1980	1032		31	1971
1981	791		32	1952
1982	838		33	1980
1983	732,5		34	1974
1984	616,1		35	1969
1985	743,3		36	1956
1988	895,7		37	1951
1989	1192,6		38	1989
1990	654,4		39	1957
MINIMUM		5ANNEES/10		MAXIMUM
616,6		878,7		1244,8
MOYENNE SUR LES 39 ANNEES				
	890			

LISTE DES SIGLES UTILISES

BUNASOLS: Bureau National des Sols (Burkina Faso).

CIRAD: Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le développement.

CNRST: Centre National de Recherches Scientifiques et Technologiques (Burkina Faso).

ENSAIA: Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires.

INERA: Institut d'Etudes et de Recheches Agricoles (Bukina Faso).

ONG: Organisme Non Gouvernemental.

ONU: Organisation des Nations Unies.

ORSTOM: Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer.

RSP: Programme de Recherches sur les Systèmes de Production (INERA/BURKINA).

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

USA: United States of America.

LISTE DES FIGURES

Fig.1.1: Etat de dégradation des terres dans le monde.

CHAPITRE III:

figure III.1: Profil type du sol ferrugineux tropical modal.

CHAPITRE IV:

Figure IV.1: Pluviométrie de Thiougou 1993.

Figure IV.2: Variation de la pluviosité de Thiougou depuis 1950.

CHAPITRE V:

Figures V.1: Evolution du taux de matière organique en fonction de l'âge des parcelles.

Figure V.2: Evolution de la teneur en azote total en fonction de l'âge des parcelles.

Figure V.3: Relation entre le phosphore total et l'âge des parcelles.

Figure V.4: Evolution du phosphore extractible en fonction de l'âge des parcelles.

Figure V.5: Evolution du pH des sols étudiés en fonction de l'âge des parcelles.

Figure V.6: Evolution de l'indice structural superficiel en fonction de l'âge des parcelles.

Figure V.7: Ruissellements observés en fonction des événements pluvieux pour 2 situations agronomiques contrastées: parcelle cultivée depuis 17 ans et parcelle sous végétation naturelle.

Figure V.8: Ruissellement cumulé en fonction de la pluie cumulée.

Figure V.9: Evolution du coefficient de ruissellement en fonction de l'âge des parcelles.

Figure V.10: Evolution de l'âge des parcelles (pour une pluviométrie de 800 mm).

CHAPITRE VI:

Figure VI.1: Relation entre la hauteur moyenne du sorgho à 50 jours après semis des parcelles.

Figure VI2: Evolution de la hauteur moyenne des plantes à maturité par rapport à l'age des parcelles.

Figure VI.3: Evolution de la biomasse radiculaire produite en fonction de l'âge des parcelles.

Figure VI.4: Evolution de la productivité en fonction de l'âge des parcelles.

Figure VI.5: Evolution de la productivité des sols étudiés en fonction de l'âge des parcelles.

Figure VI.6: Evolution de la productivité des sols étudiés en fonction de l'âge des parcelles (de contrôle).

CHAPITRE VII::

Figure VII.1: AFC des différentes variables variables observées sur les parcelles de contrôle.

Figure VII.2: Activité des principales variables pour les espèces d'adventices.

CHAPITRE VIII:

Figure VIII.1: Placeaux de mesure d'humidité et de productivité dans la parcelle aménagée.

Figure VIII.2: Profils hydriques sur nouvelle défriche et parcelle de 17 ans en début de saison de pluies 17/6/1993.

Figure VIII.3: Profils hydriques sur parcelle de 17 ans (aménagée et témoin) en début de saison de pluies.

Figure VIII.4: Profils hydriques sur parcelles de 17 ans (aménagée et témoin) et sur nouvelle défriche (17/9/1993).

Figure VIII.5: Profils hydriques en début de campagne (17/6/1993) à différentes distances de la diguette.

Figure VIII.6: Profils hydriques en milieu de campagne (7/8/1993) à différentes distances de la diguette.

Figure VIII.7: Profils hydriques en fin de saison de pluies (17/9/1993) à différentes distances de la diguette.

Figure VIII.8: Productivité de la parcelle aménagée à celle des autres parcelles de la chronoséquence (parcelles de caractérisation).

Figure VIII.9: Productivité en tiges de la parcelle aménagée à celle des autres parcelles de la chronoséquence (parcelle de caractérisation).

Figure VIII.10: Productivité en grain de la parcelle aménagée comparée à celle des autres parcelles (parcelles de caractérisation).

Figure VIII.11: Variation de la productivité observée à différentes distances des diguettes.

Figure VIII.12: Productivité moyenne du sol en sorgho grain à différentes distances de la diguette.

LISTE DES TABLEAUX.

Tableau I.1: Evolution des caractéristiques chimiques des sols en fonction de la durée de culture (cas de la moyenne Casamance).

Tableau I.2: Evolution des coefficients multiplicateurs de K_0 pour les calculs de k_s.

Tableau I.3: Exportations minérales du mil et du sorgho pour obtenir une tonne de produit récolté.

CHAPITRE IV:

Tableau IV.2: méthodes d'analyses chimiques.

Tableau IV.1: Echantillons prélevés et analysés.

Tableau IV.3: méthodes d'analyses des propriétés physiques en laboratoire.

Tableau IV.4: variables mesurées.

CHAPITRE V:

Tableau V.1: Moyenne par âge et par niveau du taux de matière organique, azote total, phosphore total, phosphore extractible.

Tableau V.2: Moyenne par âge et par niveau de la somme des bases échangeables, CEC, du taux de saturation, du pHeau et du pHkcl.

Tableau V.3: Moyenne par âge et par niveau de quelques caractéristiques physiques des sols étudiés.

Tableau V.4: Evolution de l'importance de l'activité biologique et des pellicules en fonction de l'âge des parcelles.

CHAPITRE VII:

Tableau VII.1: Familles d'adventices recensées.

Tableau VII.2: espèces d'adventices et contribution au salissement des parcelles.

Tableau VII.3: Relations espèces-facteurs.

LISTE DES CARTES

carte 1: Zones climatiques du Burkina Faso.

Carte 2: Précipitation moyennes annuelles (en mm) sur une période de 25 ans (1945-1970).

Carte 3: Pluviométrie annuelle moyenne (1961-1990).

Carte 4: Pluies, intensité en trente minutes et agressivité des pluies exceptionnelles <fréquence décennale> journalières.

Carte 5: Précipitations et agressivité des pluies moyennes annuelles.

Carte 6: Géologie du Burkina faso.

Carte 7: Sols du Burkina Faso.

Carte 8: Territoires phytogéographiques du Burkina Faso.

Carte 9: Burkina Faso, densité de population et migration en 1985.

Carte 10: Burkina Faso, forêts classées, parcs et réserves.

Carte 11: Carte d'occupation agro-pastorale de Thiougou, 1985.

Carte 12: Terroir de Thiougou , l'occupation des terres en 1992.

Carte 13: carte pédologique du terroir de Thiougou.

Carte 14: Cartes des grands types de sols de la zone de Thiougou.

INSTITUT NATIONAL
POLYTECHNIQUE
DE LORRAINE

Service Commun de la Documentation
INPL
Nancy-Brabois

AUTORISATION DE SOUTENANCE DE THESE DU DOCTORAT DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

o0o

VU LES RAPPORTS ETABLIS PAR :

Monsieur BERTRAND Roger, Directeur de Recherche, CIRAD Montpellier,

Monsieur DICKEY John, Professeur, Université Purfue Redding (USA).

Le Président de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, autorise :

Monsieur TAONDA Sibiri Jean-Baptiste

à soutenir devant l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE, une thèse intitulée :

" Evolution de la fertilité des sols sur un front pionnier en région Nord-Soudanienne (Burkina Faso)"

en vue de l'obtention du titre de :

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité : **"SCIENCES AGRONOMIQUES"**

Fait à Vandoeuvre le, **14 Juin 1995**

Le Président de l'I.N.P.L.,

M. LUCIUS

NANCY BRABOIS
2, AVENUE DE LA
FORET-DE-HAYE
BOITE POSTALE 3
F - 5 4 5 0 1
VANDŒUVRE CEDEX

TEL. 33/83.59.59.59
FAX. 33/83.59.59.55