



DRYLANDS RESEARCH

Working Paper 30

ÉVOLUTION À LONG TERME DE LA FERTILITÉ DE SOL DANS LA RÉGION DE MARADI

Mahaman Issaka

2001

Drylands Research
Crewkerne, Somerset, Royaume-Uni

La première version de ce profil a été préparé pour l'atelier sur les rapports entre politiques gouvernementales et investissements paysans dans les régions semi-arides, tenu à Maradi (Niger) le 21 juin, 2000.

Les recherches présentées dans le présent document de travail s'inscrivent dans le cadre de **L'Étude de Kano-Maradi sur les évolutions à long terme**, financée par l'Economic and Social Committee on Research (ESCOR) du Department for International Development (DFID), ministère britannique du développement (Projet R7221) et la Fondation Leventis. Les informations fournies et opinions exprimées n'engagent en aucune manière le DFID ou la Fondation Leventis.

ISSN 1470-9384

© Drylands Research 2001

Mise en page : Drylands Research. Impression : Press-tige Print, Crewkerne.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système de recherche documentaire ni transmise sous une forme ou par un moyen quelconque (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre) sans l'autorisation préalable et écrite de l'éditeur.

Préface

Les documents de travail du Drylands Research présentent en version préliminaire les résultats d'études entreprises en association avec des chercheurs et institutions partenaires.

Le présent document de travail s'inscrit dans le cadre d'une étude visant à établir les liens entre modifications à long terme de l'environnement, croissance démographique et évolutions technologiques, et à repérer les politiques et les institutions aptes à favoriser un développement durable. Cette étude se situe dans le prolongement d'un projet entrepris par l'Overseas Development Institute (ODI) dans le district de Machakos, au Kenya, dont les résultats préliminaires ont été publiés par l'ODI en 1990–1991 dans une série de documents de travail. Ces travaux ont également donné lieu à un ouvrage (Mary Tiffen, Michael Mortimore et Francis Gichuki, *More people, less erosion : environmental recovery in Kenya*, John Wiley, 1994), présentant une synthèse et une interprétation de la dynamique du développement physique et social à Machakos. Cet ouvrage fait état d'un ensemble d'hypothèses et de recommandations en matière de politiques qu'il est nécessaire de tester dans d'autres milieux semi-arides de l'Afrique. A l'aide de méthodologies compatibles, quatre études ont été parallèlement menées dans les pays suivants :

Kenya	District de Makueni	
Sénégal	Région de Diourbel	(en association avec l'ISRA et le CSE)
Niger	Département de Maradi	(en association avec l'ODI et l'Université Abdou Moumouni, Niamey)
Nigeria	Région de Kano	(en association avec l'ODI et Ahmadu Bello University, Zaria)

Une série de documents de travail et une synthèse étaient produites pour chaque étude et passées en revue dans le cadre d'ateliers nationaux. La synthèse générale était examinée à l'occasion d'un atelier international organisé à Londres en janvier 2001.

Dans la série consacrée au Niger et Nigeria, les auteurs se sont penchés sur les évolutions à long terme de l'agriculture et du monde rural afin d'établir des liens entre celles-ci et les investissements consentis par les petits exploitants dans la région de Maradi au cours de la période 1960–2000.

M. Michael Mortimore est Responsable des recherches. Il est assisté par son collègue Mme Mary Tiffen. Le Chef de l'équipe nigérienne est le Dr Yamba Boubacar de l'Université Abdou Moumouni. Ils peuvent être contactés aux adresses suivantes :

Michael Mortimore
Cutters' Cottage, Glovers' Close
Milborne Port, Sherborne DT9 5ER

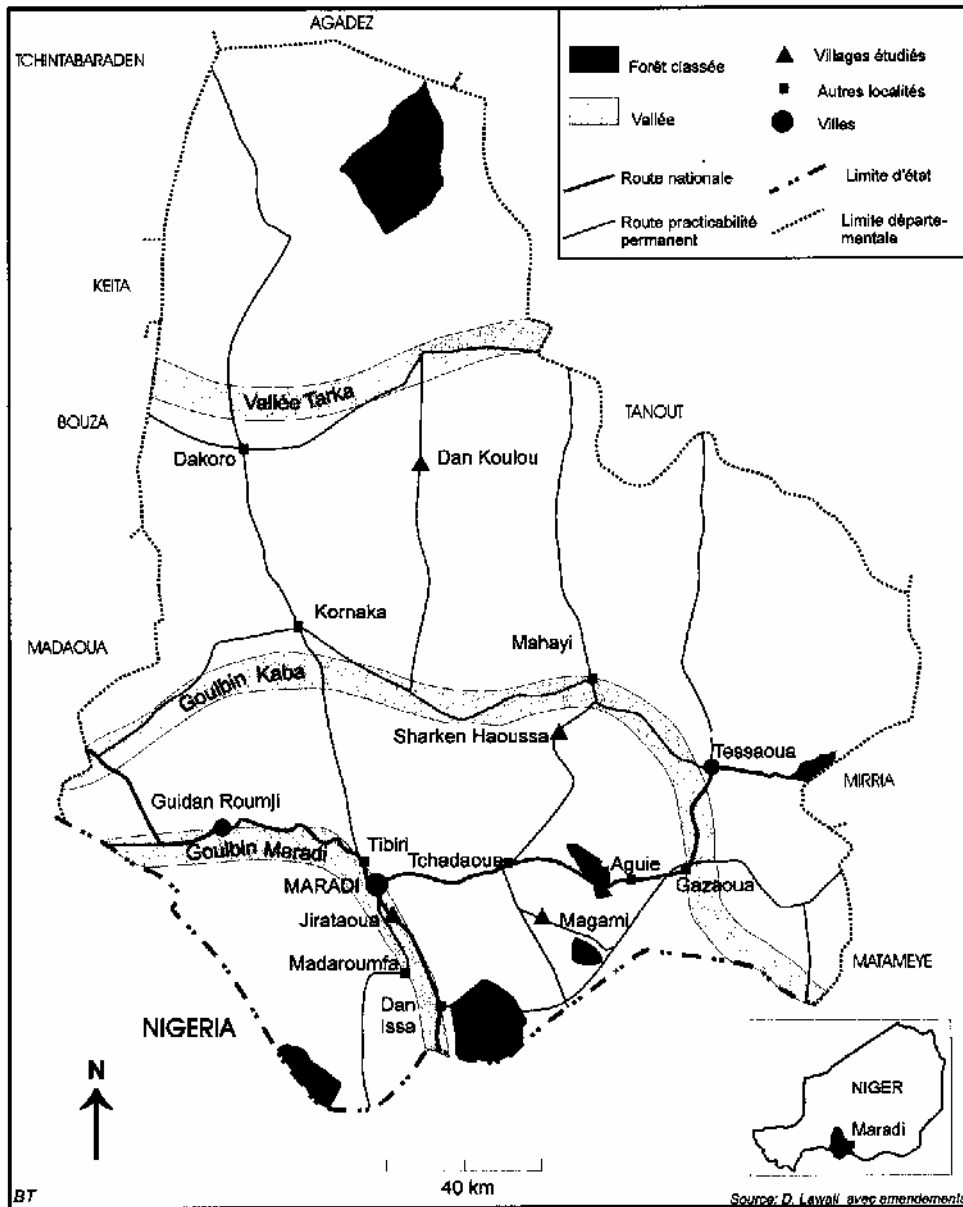
Mary Tiffen
Orchard House, Tower Hill Road
Crewkerne, Somerset TA 18 6BJ

Courrier électronique :
Mikemortimore@compuserve.com
Mary@marytiff.demon.co.uk

Dr Yamba Boubacar
Faculté des Lettres et Sciences Humaines
Université Abdou Moumouni
BP 10960
Niamey
République du Niger

Courrier électronique :
Depgeo@intnet.ne

Carte



Résumé

La région de Maradi, au Niger où cette étude a été menée se trouve dans la zone sahélienne dont les caractéristiques principales sont la pluviométrie qui est faible (moyenne annuelle de 550 mm) et irrégulière, mal répartie dans le temps et dans l'espace. Les sols sont en majorité sableux avec plus de 95 % de sable. Ils ont les mêmes caractéristiques que les sols tropicaux ferrugineux. Ce sont des sols pauvres en matière organique (moins de 0,2 % de matière organique). L'une des contraintes à l'augmentation de la production agricole est la baisse continue de la fertilité de ces sols, une fois mis en valeur. Dans le passé pour restaurer la fertilité des sols les paysans avaient recours à la jachère. De nos jours cette pratique a presque disparu, face à la croissance démographique. Pour résoudre les problèmes liés à l'insécurité alimentaire l'intensification de l'agriculture s'avère indispensable.

L'étude conduite ici a pour but de suivre l'évolution des propriétés physiques et chimiques dans le temps et sous plusieurs méthodes de gestion des sols afin de dégager une tendance au changement de la fertilité des sols. Quatre villages à savoir Jiratawa, Magami, Sharken Hausa et Dan Kullu ont été choisis en fonction du gradient de la pluviométrie qui va de 600 mm à 300 mm. C'est ainsi que l'évolution de la fertilité dans le temps n'a pu être réalisée qu'à Sharken Hausa car les données de base sur les résultats d'analyse des sols ne sont pas disponibles. Les résultats ont montré qu'il y a une tendance à la baisse de la fertilité des sols soumis à la culture continue. Cette baisse se caractérise par la diminution de taux de la matière organique et la baisse du pH. Quant à l'évolution de la fertilité des sols en fonction des méthodes de gestion, 4 méthodes ont été comparées à savoir la culture continue sans apport d'engrais, culture continue avec apport d'engrais, aire de pâturage et jachère de plus de 50 ans qui a été retenue comme témoin. Il ressort de cette étude que la jachère contribue à minimiser la baisse de la fertilité des sols, tandis que l'utilisation des sols comme aire de pâturage contribue à la dégradation de leur fertilité. La culture continue avec apport des engrais organiques et minéraux semble être la méthode de gestion qui assure, dans une certaine mesure, la durabilité de l'agriculture.

Abstract

The soils of the Department of Maradi are composed of at least 95 percent sand, and are poor in nutrients and in organic matter. There is a gradient from south to north, associated with diminishing rainfall. In the area south of the Tarka Valley, farming expansion has taken up nearly all available land, and fallowing has given place to annual cultivation, with or without fertilisation. Much research on the impact of cultivation on soil fertility (carried out in Niger and elsewhere in the Sahel) has found that long-term cultivation without soil improving inputs contributes to a decline in fertility, owing to the export of plant nutrients in the crops.

There are three production systems: semi-intensive rainfed cultivation, intensive irrigated cultivation, and extensive traditional pastoralism. Soils associated with the first are usually sandy *jigawa* upland soils or harder *geza* soils with more clay, and with the second, less sandy *fadama* lowland soils, which are rare. The effects of cultivation on soil physical properties are usually not significant, so the study focuses on the management of chemical properties. Four villages were selected, representative of the south to north gradient. A small number of baseline samples were found for one of these

villages (in the centre of the transect), and they were re-sampled and analysed to provide an indicator of trends from 1977 to 1999. A larger number of samples were collected in 1999 from four different management regimes in each of the four villages (Jiratawa, Sharken Hausa, Magami and Dan Kullu) for analysis of the topsoils. These regimes were: uncultivated for 50 years (= long fallow); pasture enclaves; long-term cultivation (30 years) without fertilisation; and long-term cultivation (30 years) with use of manure or fertiliser.

Farmers use, or have in the past used fallowing, manuring, night coralling of livestock, crop residue incorporation, tree protection, and composting, as well as inorganic fertilisers. The last are used in very small quantities and by rather few farmers on account of their cost.

The 'longitudinal' analyses in one village show that, on cultivated land, there was usually a decline in soil pH, a slow decline in potassium, an increase in calcium, and inconsistent trends in magnesium and carbon. No clear picture emerges, and the sample is very small.

The spatial analysis (illustrated graphically with values in annex tables) shows (1) a prominent trend from south to north in C, K, CEC, P, C and organic matter. N values are very low in all soils; (2) a sharp decline in most properties from long fallow to long-term cultivation without fertilisation of up to 50 percent; (3) low values for pasture land which shows that this land use is not a soil-improving strategy; and (4) improved values for long-term cultivation with manuring and/or fertilisers, which recover half or three-quarters of the loss relative to long fallow, or occasionally even exceed it. Soil water pH and Na do not differ significantly between the four villages. In view of the scarcity of manure (which is desired by all farmers) increased availability of inorganic fertilisers is necessary to prevent degradation.

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	1
2	CARACTÉRISATION AGRO-ÉCOLOGIQUE DE LA RÉGION DE MARADI	4
2.1	Généralités	4
2.2	Les principaux systèmes de production	5
2.3	Les sols du département	6
3	MÉTHODOLOGIE	8
3.1	Choix des villages	8
3.2	Méthodes d'échantillonnage des sols	9
3.3	La méthode «longitudinale» ou méthode pour l'étude de l'évolution dans le temps	9
3.4	Méthode pour l'étude de l'évolution des sols en fonction de différents types de gestion	10
3.5	Analyse des sols	10
4	CARACTÉRISATION DES EXPLOITATIONS	11
5	GESTION DES TERRES	12
5.1	Taille de l'exploitation	12
5.2	Situation géographique des champs	12
5.3	Statut des champs	13
5.4	Systèmes de culture	13
5.5	Matériel agricole	13
6	GESTION DE LA FERTILITÉ	13
7	ÉVOLUTION DES SOLS DANS LE TEMPS	18
7.1	Evolution des sols dans le temps	18
7.2	Evolution des sols en fonction des méthodes de gestion	20
8	CONCLUSION	28
	ANNEXE 1 : CLASSIFICATION DES SOLS	28
	ANNEXE 2 : LOCALISATION DES CHAMPS DONT LES SOLS ONT ÉTÉ ÉCHANTILLONNÉS	29
	ANNEXE 3 : PROPRIÉTÉS CHIMIQUES ET PHYSIQUES DES SOLS	33
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35

Remerciements

Nous remercions les populations des villages test, ainsi que les responsables des services techniques. Ces remerciements vont également à Messieurs Hamani Saley (Direction de l'Environnement) et Laouali Damba (Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines) qui ont réalisé les cartes.

L'auteur

Dr Mahaman Issaka, PhD en science des sols, option fertilité des sols, est chercheur à l'INRAN depuis 1978. Il a travaillé en qualité de responsable de laboratoire d'analyse des sols, avant de mener de nombreux travaux de recherche sur la nutrition phosphatée et azotée de la plante et la gestion intégrée de la fertilité des sols en collaboration avec l'Institut International pour le Développement des Engrais (IFDC). Actuellement il est le directeur du centre régional de la recherche agronomique de Maradi et coordinateur du projet InterCRSP au Niger.

Adresse : CERRA/INRAN Maradi, BP 240, Maradi, Niger. Tel (227) 72 34 34/410 685
Courrier électronique : sareli@intnet.ne
Inran@intnet.ne

Sigles et acronymes

ICRISAT : International Crop Research Institute

IRAT : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales

INRAN : Institut National de la Recherche Agronomique du Niger

1 INTRODUCTION

Les activités agricoles, au Niger, sont concentrées dans la bande sud du pays comprise entre l'isohyète 300mm qui est considérée comme la limite Nord des cultures et l'isohyète 700 mm. Cette bande comporte 2 types de zones agro-écologiques :

- La zone aride dont la durée de la saison de pluie est moins de 90 jours ; et
- La zone semi-aride dont la durée de la saison est comprise entre 91 et 150 jours.

Ces zones très fragiles présentent d'énormes contraintes à l'augmentation de la production agricole. Du point de vue climatique il faut mentionner une pluviométrie faible et irrégulière d'où les conséquences des périodes de sécheresses cycliques.

Les sols sont en majorité de texture sableuse, pauvres en matière organique et en phosphore, de niveau de fertilité très bas, sujets à l'érosion hydrique et éolienne. Ces sols sont surexploités; l'agriculture est de type minière c'est-à-dire sans restitution des éléments nutritifs exportés par la plante (Smaling, 1993 ; Van der Pol, 1992). La pratique traditionnelle de régénération de la fertilité de sol qui consiste à laisser les sols en repos pendant 4 à 5 ans après 3 ans de culture continue (la jachère) a presque disparu, les sources de matières organiques deviennent de plus en plus rares et les engrais minéraux deviennent de plus en plus inaccessibles pour les paysans à faible revenu. On assiste ainsi à une baisse continue de rendement. Tous ces facteurs combinés font qu'on se pose des questions à savoir si l'agriculture dans un tel écosystème peut être durable. Est-il possible de rendre l'agriculture en Afrique plus productive et durable grâce à l'utilisation de stratégies efficaces pour minimiser l'exportation des éléments nutritifs des sols ?

Une agriculture durable a été définie comme une pratique qui permet de bien gérer les ressources naturelles pour satisfaire les besoins humains tout en maintenant ou en améliorant la qualité de l'environnement et en conservant les ressources naturelles (FAO, 1989).

La fertilité des sols est le pivot d'une agriculture durable parce que c'est le milieu à partir duquel provient toute production de la biomasse. Greenland (1975) a indiqué qu'il existe 5 principes de base de gestion des sols qui sont essentiels pour une agriculture durable et qui sont les suivants :

- Les éléments nutritifs du sol exportés par les plantes doivent être restitués ;
- Les conditions physiques du sol doivent être maintenues ce qui veut dire que le niveau d'humus doit être constant ;
- il ne doit pas y avoir des pressions d'insectes, de maladies ou de mauvaises herbes ;
- il ne doit pas y avoir des problèmes d'acidité de sol ou de toxicité ;
- l'érosion du sol doit être contrôlée.

Le même auteur souligne que l'élément nouveau est la prise en compte de la fertilité biologique du sol. Traditionnellement, on percevait les systèmes agricoles comme une interaction linéaire directe entre les intrants apportés à la plante et au sol, conduisant à un rendement particulier. De nos jours cette vision s'est élargie pour inclure la biodiversité, le bilan des éléments nutritifs et la qualité et la quantité de l'eau.

Des nombreuses activités de recherche ont été entreprises en Afrique sub-saharienne dans le domaine de la fertilité des sols et tous les aspects pour arriver à une agriculture durable ont été plus ou moins abordés. C'est ainsi qu'en ce qui concerne l'utilisation des engrais minéraux, il a été démontré que leur application seule a des effets négatifs à long terme sur la dégradation chimique des sols (acidification) entraînant ici une chute de rendement. Une étude à long terme conduite à Saria au Burkina Faso a permis de constater que le seul apport des engrais minéraux, quelle qu'en soit la dose, induit en 10 ans à une baisse de 30 à 50 % des rendements obtenus dans la phase initiale (Pieri, 1989). Bationo et Vlek (1997) en tirant des leçons sur les essais à long terme conduits en Afrique au sud du Sahara ont conclu que l'utilisation des engrais minéraux sans recyclage des résidus organiques résulte en une baisse des rendements avec le temps. Cependant, Richardson (1968) a indiqué que l'utilisation efficiente des engrais dans la zone tropicale pourrait non seulement permettre de maintenir la fertilité des sols mais aussi de l'améliorer même sous culture continue. Le même auteur a indiqué que le moyen idéal de maintenir la fertilité des sols est l'utilisation combinée de fumure minérale et organique.

Concernant la rotation, plusieurs études dans la sous-région ont démontré un effet significatif de ce système de culture sur le rendement du mil et sur les propriétés physico-chimiques du sol. Dans une étude sur la rotation conduite au Mali, Bagayoko *et al.* (1991) ont obtenu une augmentation de rendement du mil de l'ordre de 35 à 73 % après une culture de niébé comparé à la culture continue du mil. Cette augmentation équivaut à une augmentation de rendement due à l'apport de 40 kg N/ha. Les mêmes auteurs ont indiqué une amélioration du pH du sol grâce à la rotation mil/niébé par rapport à la culture continue du mil.

Les résultats similaires ont été obtenus dans la zone sahélo-soudanienne du Niger (Tara, Bengou) par Bationo et Vlek (1997) qui ont indiqué que le rendement obtenu grâce à l'effet rotation est supérieur à celui obtenu en appliquant 45 kg N/ha. Dans une étude récente conduite par Harris (1996) dans le nord du Nigeria, il a été trouvé que la fixation de l'azote par les légumineuse permettait d'obtenir 15 kg N/ha avec des valeurs comprises entre 0 à 37kg N/ha selon le type de technique culturale et la densité de semis de la légumineuse.

Cependant Sedogo *et al.* (1997, papier non publié) ont souligné que la rotation biennale avec pour plante pivot une légumineuse (niébé, arachide ou dolique) donne un surplus de production assez faible quand il s'agit d'une rotation seule ; d'où la nécessité de l'associer à d'autres techniques telle que la fumure minérale.

La recherche sur l'utilisation de différentes sources de matière organique a reçu beaucoup d'attention de la part des agronomes. Le rôle de la matière organique est bien connu par les paysans. Traditionnellement les sols de couleur noire sont des sols productifs. D'après Stewart et Robinson pour qu'un agro-système soit durable il faut nécessairement conserver à long terme le sol et il est impératif que la matière organique du sol soit maintenue. Une diminution de la matière organique du sol est un indicateur de sa basse qualité.

De nombreux travaux entrepris en Afrique ont montré qu'il existe une relation directe entre la baisse de rendement et la baisse de niveau de matière organique du sol. Pieri (1995) résumant les données obtenues dans les régions semi-arides de l'Afrique a

indiqué que sur des sols sableux la culture continue conduit à une perte annuelle de la matière organique de sol de l'ordre de 5 % ou plus ce qui entraîne une baisse de la fertilité des sols.

Des augmentations significatives ont été obtenues grâce à l'apport de sources de matière organique du sol. Bationo *et al.* (1993) ont souligné un effet interactif très significatif de l'apport des résidus de récolte comme paille et comme source de fertilisant sur le mil.

Dans le domaine de la conservation de l'eau et des sols, plusieurs études ont été entreprises pour la mise au point des différentes techniques ou pour améliorer celles qui sont déjà existantes pour une meilleure adoption par les paysans. Ces différentes techniques ont été testées et ont montré un effet significatif sur l'augmentation des rendements; parmi celles-ci figurent le cordon pierreux, le Zaï au Burkina Faso ou le Tassa au Niger et le billonnage.

Des expériences menées par l'IRAT (Institut de Recherches Agronomiques Tropicales : Nicou et Chareau, 1985) par l'ICRISAT (International Crops Research Institute, rapport annuel, 1985, 1986, 1987) et par l'INRAN (Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, 1989) ont montré la supériorité du billonnage par rapport au terrain plat. Berrada *et al.* (1989) ont montré que l'utilisation du billon permet de doubler le rendement du mil.

Dans une autre étude réalisée à Sadoré Niger, Klaij et Serafini (1989) ont démontré l'effet significatif de stratégies de gestion de la fertilité des sols (combinaison du travail du sol, rotation et engrais minéral) sur le rendement par rapport à la rotation seule ou au billonnage seul.

On constate ainsi que toutes ces études, entreprises dans différents domaines, ont permis de développer des technologies qui malheureusement deviennent de moins en moins efficaces pour lever les contraintes affectant les sols en vue de l'augmentation ou le maintien de la production agricole (Defoer *et al.*, 1997). Beaucoup de raisons sont évoquées sur ce point.

- L'une des raisons évoquées par le professeur Zake de l'université de Makerere, Ouganda (1993) est que la recherche en science des sols dans le passé a été menée séparément, sur la base de disciplines telles que la fertilité des sols, la chimie des sols, la physique des sols etc. De nos jours on s'achemine vers le système de la recherche intégrée pour résoudre les problèmes de la dégradation des sols.
- Une autre raison est que ces technologies ont été développées sans tenir compte des réalités socio-économiques et culturelles et du niveau de technicité des paysans.
- La 3^e raison est la combinaison des facteurs de l'environnement (sol, climat) et de la croissance démographique. Selon certaines sources, la dégradation des sols dans l'écosystème Sahélien avec sa capacité de charge très faible est directement liée à la démographie galopante. Cependant Mortimore (1993) dans une étude réalisée dans le nord du Nigeria a indiqué que la banlieue de Kano hautement soumise à une agriculture intensive ne souffre pas de problème de dégradation des sols.

2 CARACTERISATION AGRO-ECOLOGIQUE DE LA REGION DE MARADI

2.1 Généralités

Le département de Maradi, situé en plein centre du territoire Nigérien couvre une superficie de 38.500 km², soit environ 3 % du territoire national. Cette superficie se répartit comme suit :

- 27 000 km² de terres agricoles ;
- 9 600 km² de terres pastorales ;
- 1 300 km² de terres forestières.

Le département a une population de près de 1 800 000 d'habitants avec une densité moyenne de 36 habitants/km² qui est en majorité rurale car on ne dénombre qu'à peu près 200 000 habitants seulement en ville. Elle est plus dense dans le Sud qui constitue la zone agricole par excellence.

Cette population, composée essentiellement de Hausa (majoritaire), des Peuls et des Touaregs, pratique 4 activités principales qui sont: l'agriculture ; l'élevage ; le commerce ; et l'artisanat. L'agriculture est la principale activité des Hausa qui pratiquent en même temps le commerce et l'artisanat tandis que les peuls pratiquent essentiellement l'élevage bien qu'il y ait des deux côtés, des fractions des deux groupes qui font et l'agriculture et l'élevage. Les principaux produits de l'agriculture sont le mil, le sorgho, l'arachide et le niébé et ceux de l'élevage sont les bovins, les ovins et les caprins et les produits de l'élevage (fromage).

Le département de Maradi jouit d'un climat de type sahélien au Nord et soudanien pour la partie centrale et le Sud avec des précipitations allant de 200 à 700 mm de Bermo (Dakoro) à Maraka (Madarounfa) et s'étend sur 20 à 35 jours de pluies par an.

On distingue 3 zones agro-écologiques :

- La zone pastorale : elle comprend le Nord de l'arrondissement de Dakoro (Nord de la vallée de la Tarka). C'est une vaste zone de parcours à vocation exclusivement pastorale et à écosystème très fragile.
- La zone centrale : à vocation agro-pastorale, cette zone englobe le Nord des arrondissements de Tessaoua et de Mayahi ainsi que la zone centrale de l'arrondissement de Dakoro comprise entre la vallée de la Tarka et le Goulbi N'Kaba. Dans cette zone, le taux d'occupation agricole (compris entre 20 et 50 %) autorise encore la pratique des jachères de deux à trois ans.
- La zone agricole : elle comprend l'ensemble des arrondissements de Guidan-Roundji, Aguié et Madarounfa ainsi que le Sud des arrondissements de Dakoro, Mayahi et Tessaoua. Cette zone est marquée par des forts taux d'occupation agricole, dépassant souvent les 70 %.

2.2 Les principaux systèmes de production

On rencontre dans le département de Maradi 4 systèmes de production : le système agro-pastoral semi-intensif, le système semi-intensif sous irrigation traditionnelle, le système intensif avec maîtrise de l'eau et le système de production pastoral traditionnel.

Le système de production agro-pastoral semi-intensif

Il est caractérisé par une certaine association entre les activités de l'agriculture et celles de l'élevage au sein de mêmes exploitations avec un début d'intégration : utilisation de la culture attelée (bovine et asine), utilisation de la traction animale dans les transport des récoltes et de la fumure organique. C'est le domaine de prédilection du mil, du sorgho et le niébé et de l'arachide. Toutes les formes d'association y sont dénombrées entre ces différentes cultures et la plus importante en terme d'occupation de l'espace est celle qui regroupe le mil, le sorgho et le niébé. Avec un niveau d'intensification en constante progression ce système porte la marque des interventions des Projets de Développement Rural relatives à l'extension des cultures de rentes et la zone jouit d'une position favorable aux échanges transfrontaliers avec le Nigeria. Le recours à la culture attelée et à la fertilisation minérale y est relativement répandu. Les cultures de bas-fonds, quand elles existent, concernent le maraîchage et se pratiquent sur 50 ares environs par exploitation.

S'agissant de la pratique de l'élevage, quatre composantes sont à distinguer au sein de ce système de production : l'élevage bovin sédentaire de troupeaux collectifs villageois, l'élevage sédentaire de petits ruminants en troupeaux collectifs villageois, l'aviculture fermière et l'embouche.

Le système de production semi-intensif sous irrigation traditionnelle

Il est localisé au Sud et au centre du département grâce à la présence des goulbis qui sont des cours d'eau à écoulement saisonnier.

Les cultures pratiquées sont le sorgho et le mil en saison de pluies, le coton, le tabac et le maraîchage dans le fonds des vallées, sous forme de cultures irriguées (irrigation d'appoint) ou de décrue en contre-saison. Les superficies exploitées se situent entre 2 000 et 5 000 hectares répartis entre 10 000 exploitations qui pratiquent de plus en plus l'arboriculture fruitière, particulièrement dans la vallée du goulbi de Maradi.

Le système de production agricole intensif avec maîtrise d'eau

A côté de l'irrigation traditionnelle, s'est développée plus récemment un système de production agricole intensif avec maîtrise de l'eau sur l'aménagement hydro-agricole de Jiratawa qui s'étend sur 512 hectares mis en valeur par 716 exploitants pratiquant en hivernage les cultures de sorgho, de maïs et de coton avec une irrigation de complément et en contre saison le blé, le maraîchage et légumineuses. Les rendements moyens observés se situent à 3 120kg /ha pour le coton, 2 100 kg/ha pour le sorgho, 1 800 kg/ha pour le maïs, 500 kg/ha pour le niébé et 2 790 kg/ha pour blé.

Le système de production pastoral traditionnel

Il se pratique dans la partie Nord du département qui présente les mêmes caractéristiques que celles au niveau de la région de Tahoua.

Dans ce système l'élevage constitue l'activité essentielle des groupes humains qui le conduisent sur une base extensive. Il s'agit même d'un mode de vie d'une grande frange de la population centré sur l'élevage.

On distingue deux grandes variantes au sein du sous-système de production pastoral traditionnel : un sous-système nomade et un sous-système transhumant.

1. Le sous-système de production nomade est caractérisé par des mouvements d'amplitude relativement faible et des parcours moins imprécis, au gré de la disponibilité de l'eau et des pâturages. Ce sous-système exploite davantage les zones sub-sahariennes et tend, sous l'effet des différentes sécheresses, à s'appuyer de plus en plus sur les espèces animales les mieux adaptées au nouveau cadre écologique (camelin, petits ruminants).
2. L'élevage transhumant, quant à lui est axé sur l'élevage de bovins. Pris entre la désertification qui sévit au Nord et l'extension accrue des cultures au Sud, il constitue le sous-système dont la survie apparaît la plus difficile.

2.3 Les sols du département

La classification grossière, d'après les données physiques, permet de distinguer 2 grands types de sols qui diffèrent entre eux par la teneur en éléments légers (argile, limon) d'une part et en éléments lourds (sable) d'autre part. C'est ainsi qu'on distingue:

- Les sols sableux ou *Jigawa* selon l'appellation des paysans qui sont de loin les sols prédominants du département. Ce sont des sols meubles avec une structure particulière. Ils se caractérisent au niveau de leur texture par un pourcentage de sable très élevé (96–98 %) et un taux d'argile très bas. Les caractéristiques physico-chimiques de ces sols démontrent qu'on a à faire à des sols pauvres en éléments nutritifs d'où un problème de fertilité signalé d'ailleurs comme la contrainte majeure à la production agricole sur ces types de sol.

Tableau 1 : Propriétés physiques (texture) des sols sableux (Jigawa)

Profondeur en cm	0–5	50–60
(%)		
Argile	3,0	4,0
Limon fin	2,0	1,0
Limon grossier	1,0	1,0
Sable fin	27,0	32,0
Sable grossier	63,0	61,0

Source : Raynaut *et al.*, 1984.

Tableau 2 : Propriétés chimiques des même types de profil des sols (Jigawa)

Profondeur en cm	5-10	15-20	40-50	75-80	115-120
pH (eau)	6,00	5,55	5,35	5,15	5,05
M.O (%)	0,12	0,15	0,10	0,09	0,07
Carbone (%)	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04
N total (‰)	0,23	0,20	0,13	0,17	0,18
P. assimilable (ppm)	4,44	4,32	3,43	3,56	3,89
Ca (Meq/100g)	0,40	0,35	0,28	0,21	0,15
Mg (Meq/100g)	0,14	0,12	0,15	0,15	0,22
K (Meq/100g)	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Na (Meq/100g)	0,02	0,05	0,02	0,03	0,03
Mn (Meq/100g)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Al (Meq/100g)	0,00	0,00	0,02	0,08	0,16
CEC (Meq/100g)	0,69	0,59	0,67	0,72	0,77

Source : Dosso *et al.*, 1996.

On note tout de même que ces sols présentent une bonne perméabilité et on n'observe aucun phénomène de prise en masse. Ils sont de loin les plus préférés par les paysans par rapport aux sols lourds car ils sont faciles à travailler avec les instruments traditionnels.

Cependant malgré leur bonne perméabilité, ils sont sujets à l'érosion hydrique due à l'intensité des pluies. Le phénomène d'érosion éolienne ou hydrique présente une grande menace pour la perte de ces sols.

- Les sols plus riches en éléments fins, plus cohérents et moins perméables où on distingue les sols de *Fadama* et le *Janhako* qu'on appelle aussi *Geza* ou *Fako*. Ce sont des sols relativement riches par rapport aux sols sableux. Ils sont caractérisés par des taux de matière organique et d'argile plus élevés que dans les sols sableux. Ces sols présentent des phénomènes importants de prise en masse, ce qui fait qu'ils sont difficiles à travailler. Ils sont peu perméables, sujets à l'érosion hydrique qui s'accompagne par des phénomènes de ruissellement et de ravinement.

Tableau 3 : Propriétés physiques (texture) des sols de *Fadama* et *Geza*

Profondeur en cm	0-5		50-60	
	<i>Geza</i>	<i>Fadama</i>	<i>Geza</i>	<i>Fadama</i>
Type de sol (%)				
Argile	6,0	12,0	8,0	15,0
Limon fin	0,0	5,0	0,0	2,0
Limon grossier	0,0	4,0	1,0	5,0
Sable fin	37,0	34,0	39,0	37,0
Sable grossier	57,0	45,0	52,0	39,0

Source : Raynaut *et al.*, 1984.

Le comportement de ces sols vis à vis de l'eau n'est pas tellement favorable au développement des plantes car ils ont une faible perméabilité entraînant du coup une perte de sol par ruissellement.

Tableau 4 : Propriétés chimiques des même types de profil des sols (Geza)

Profondeur en cm	5–10	15–20	40–45	75–80
pH (eau)	6,80	5,60	5,12	4,95
M.O (%)	0,17	0,15	0,15	0,12
Carbone (%)	0,10	0,09	0,09	0,07
N total (‰)	0,29	0,15	0,23	0,24
P. assimilable (ppm)	4,14	3,37	3,93	4,30
Ca (Meq/100g)	0,69	0,48	0,52	0,29
Mg (Meq/100g)	0,24	0,33	0,60	0,66
K (Meq/100g)	0,03	0,03	0,06	0,07
Na (Meq/100g)	0,03	0,04	0,03	0,04
Mn (Meq/100g)	0,01	0,01	0,01	0,01
Al (Meq/100g)	0,00	0,01	0,23	0,67
CEC (Meq/100g)	1,00	1,04	1,68	2,07

Source : Dosso *et al.*, 1996.

D'autres classifications de sols, basées sur la taxonomie, font ressortir types de sols (Annexe 1).

L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution de la fertilité des sols dans la région de Maradi dans le temps et sous différents types de gestion des sols afin de déduire s'il y a eu une tendance à la baisse ou une amélioration de la fertilité des sols.

3 METHODOLOGIE

L'étude a été conduite dans le département de Maradi. Pour atteindre l'objectif de cette étude, le suivi de l'évolution des propriétés physiques et chimiques des sols comme indicateurs de la fertilité des sols, dans le temps et dans l'espace, a été choisi. Il faut mentionner qu'ils existent plusieurs méthodes permettant de mettre en évidence la baisse de la fertilité des sols qui pourraient être envisagées. Elles sont principalement basées sur le bilan des éléments nutritifs des sols, l'évaluation de la dégradation des sols (Scoones *et al.*, 1998), l'étude de classification des sols, l'analyse de l'évolution des rendements, les essais à long terme, les mesures de l'érosion des sols.

3.1 Choix des villages

Pour mener cette étude le choix s'est porté sur la région de Maradi qui se trouve dans la zone sahélienne du Niger avec une pluviométrie allant de 600 mm vers le sud à 400 mm vers le nord. C'est ainsi qu'on distingue 4 zones climatiques (Raynaut *et al.*, 1984) qui sont :

- Zone 1. Contraintes climatiques très sévères à sévères
- Zone 2. Contraintes climatiques marquées à assez marquées
- Zone 3. Contraintes climatiques moyennes
- Zone 4. Contraintes climatiques faibles

Le choix de villages s'est fait sur la base de plusieurs critères qui sont entre autres les différences agro-écologiques et l'existence des données issues des études datant de plus de 30 ans. En se basant sur ces critères 4 villages ont été choisis à savoir :

- Le village de Dan Kullu qui se trouve dans la bande inférieure de la zone 1, celui de Sharken Hausa qui se trouve dans la zone 2, le village de Magami dans la zone 3 et celui de Jiratawa dans la zone 4. Il faut souligner aussi cette caractéristique essentielle qui est que la population diminue quand on va de la zone sud vers le nord.

Le choix des villages a été suivi de travaux de terrain qui ont concerné :

1. une enquête sur les différentes méthodes de gestion de la fertilité des sols pratiqués par les paysans ;
2. un échantillonnage des sols pour les analyses au laboratoire.

3.2 Méthodes d'échantillonnage des sols

Dans le cadre de cette étude 2 méthodes d'échantillonnage des sols ont été utilisées. Il s'agit de la méthode « longitudinale » ou la méthode de suivi de l'évolution des propriétés des sols dans le temps et la méthode de suivi de l'évolution des propriétés des sols dans l'espace. Ces 2 méthodes ont déjà été utilisées par Mbuvi (1991) au Kenya et par Mortimore *et al.* (1990) au nord du Nigeria.

3.3 La méthode «longitudinale» ou méthode pour l'étude de l'évolution dans le temps

Elle permet de suivre l'évolution des propriétés des sols avec le temps sur un certain nombre de sites fixes. Pour utiliser cette méthode il faut l'existence d'une étude pédologique qui date de plus de 10 ans. Il s'agit alors de retrouver des échantillons prélevés lors de cette étude et de les analyser à nouveau avec des échantillons de sol qui sont fraîchement prélevés à proximité des anciens profils.

Cette méthode est difficilement applicable au Niger surtout en ce qui concerne les zones qui font l'objet de cette étude car les données de base justes et précises ne sont pas disponibles sauf à Sharken Hausa où une étude morphopédologique a été réalisée en 1977 par le GERDAT et l'IRAT. C'est donc en se basant sur la carte réalisée à l'occasion de cette étude et en collaboration avec les paysans que 3 profils ont pu être identifiés et 3 échantillons de sols en 3 profondeurs ont été collectés à proximité de chaque profil. Les 3 profils échantillonnés ont été identifiés grâce aux paysans qui ont travaillé avec l'équipe de pédologues et certains propriétaires des champs dans lesquels les profils ont été creusés. Les analyses de sol ont été faites pour les différentes propriétés physiques et chimiques.

3.4 Méthode pour l'étude de l'évolution des sols en fonction de différents types de gestion

Cette méthode est une alternative à celle présentée ci-dessus et s'applique dans le cas où les données de base (datant de plus de 10 ans) ne sont pas disponibles.

Pour cette méthode les résultats d'analyse des échantillons de sol provenant des sites dont les types de gestion du sol sont bien connus (culture, pâturage) sont comparés à ceux des sites témoins sous végétation naturelle. La différence entre le témoin et les autres sites permet de déduire la tendance à l'évolution des sols.

Pour mener cette étude les échantillons de sol ont été prélevés au niveau de 4 sites dont le système de gestion du sol diffère. Ces sites devraient posséder les caractéristiques suivantes :

1. Site n°1 (Témoin) qui n'a pas été cultivé pendant plus de 50 ans (jachère) ;
2. Site n°2 qui est en jachère pendant les 20 dernières années et présentement utilisé comme aire de pâturage ;
3. Site n°3 qui est en culture continue pendant les 30 dernières années sans apport d'engrais minéral ;
4. Site n°4 qui est en culture continue pendant plus de 30 ans et qui reçoit occasionnellement du fumier et ou de l'engrais minéral.

Cependant les sites d'échantillonnage ont différé selon les villages car certains sites ayant les caractéristiques définies ci-dessus ne sont pas disponibles au niveau de chaque village (Annexe 2). C'est le cas de Dan Kullu et Sharken Hausa où il n'a pas été facile de trouver une jachère de plus de 50 ans. Au niveau de Magami et de Jiratawa, les paysans interrogés nous ont orienté vers les sites réservés, il y a plus de 50 ans, pour le bois du village. C'est ainsi qu'au niveau de tous les villages 5 échantillons composés ont été prélevés par site. Les coordonnées de tous les sites d'échantillonnage ont été enregistrées.

3.5 Analyse des sols

Les analyses des sols ont porté sur:

- la texture par la méthode de densimètre ou la méthode de Bouyoucos ;
- le pH rapport sol/eau 1/2,5 ;
- le carbone par la méthode de Walkley and Black ;
- l'azote par la méthode de Kjeldahl ;
- le phosphore assimilable la méthode de Bray P1 ;
- le calcium et le magnésium par extraction par le chlorure de calcium et lecture par le AA ;
- le potassium et sodium par saturation avec l'acétate d'ammonium et lecture sur le flamme photomètre.

4 CARACTERISATION DES EXPLOITATIONS

Les villages d'étude sont situés dans le département de Maradi et plus précisément dans les cantons de Jiratawa (village de Jiratawa), de Aguié (village de Magami) et de Mayahi (villages de Sharken Hausa et de Dan Kullu).

Le village de Jiratawa fut créé vers 1 509 par Oubandawaki Kachi venant de Katsina (Nigéria) ou, suite aux guerres, le peuple venu du Katsina cherchait un lieu arbustif pour se protéger et mener des activités agricoles, d'où l'installation des campements qui ont conduit à la création du village.

Actuellement le village est peuplé en majorité de katsinawa et a une population de 7 000 habitants répartie dans 258 exploitations de taille moyenne de 2 hectares.

Le village de Magami fût créé il y a 300 ans par des Hausa (Goberawa et Katsinawa) venus d'Aguié à la recherche de terres fertiles et dont les principales activités étaient l'agriculture et la forge. Ce village comprend en outre 2 hameaux et 2 rigas. De nos jours l'agriculture demeure la principale activité devant l'élevage et le petit commerce.

L'élevage constituant la deuxième activité des populations, est en complémentarité avec l'agriculture malgré certains cas conflictuels relevés lors des déplacements des animaux dans les couloirs de passage et autour des abreuvoirs. Il existe une aire de pâturage à 6 km du village utilisée en commun avec les villages environnants, insuffisante pour tous les cheptels conduisant ainsi les paysans à ramener les troupeaux vers le village pendant la saison sèche pour les nourrir avec les résidus de cultures.

Magami compte une population de 1 500 individus regroupés dans 80 exploitations dont la moyenne est de 18 individus par exploitation de 4 hectares.

Le village de Sharken Hausa fût créé vers 1886 par des princes de Mayahi venus à la recherche d'un endroit propice à l'agriculture et à la chasse. Dandana compte une quarantaine de hameaux qui s'étendent sur un rayon de 15 km autour du village et regroupant un ensemble d'ethnies de différentes origines (Tahoua, Kantché, Sokoto et de l'est du Niger (Béribéri), venues lors des famines, se joindre aux Goberawa. La principale activité reste l'agriculture, l'élevage et certaines activités s'y rattachant tels la tannerie (bouzous) et le petit commerce. Il y a complémentarité entre agriculture et élevage et rares sont les cas de conflits enregistrés. Il existe un couloir de passage allant au sud jusqu'au Nigeria et au nord jusqu'à Agadès. Quant à l'aire de pâturage, elle est inexistante autour du village et par conséquent les animaux sont nourris avec les résidus de cultures. Sherkin Hausa regroupe une population de 4000 habitants répartis dans 158 exploitations de taille moyenne de 3,5 hectares.

Le village de Dan Kullu fût créé, il y a 160 ans, par un personnage venu avec sa famille du Bornou (Nigeria) à la recherche de terres. Le village comprend une vingtaine de hameaux dont 4 ethnies venues du Kanembou (Béribéri), du Gobir, du Katsina et de Sokoto (peul). L'agriculture reste la principale activité, suivie de l'élevage et du petit commerce. L'élevage et l'agriculture, en cas de mauvaises pluviométries, deviennent des activités incertaines car en 1984, le cheptel a, d'une façon drastique, diminué entraînant un manque à gagner énorme puisque constituant la principale source d'épargne (ceci est d'ailleurs valable pour tous les villages). Néanmoins, de nos jours

ces activités ont repris leur place d'antan et sont complémentaires malgré la présence de certains conflits avec les peuls au moment de la récolte. Il existe un couloir de passage menant jusqu'à la mare dans l'arrondissement de Dakoro mais intentionnellement accidenté par endroits. Deux aires de pâturage de 20 hectares chacune ont été recensées. Ces aires sont insuffisantes pour les troupeaux surtout en cas de mauvaise saison hivernale. Dan Kullu a une population de 2 200 habitants composant 500 ménages regroupés dans 200 exploitations dont la taille moyenne est de l'ordre de 3 hectares, soit 11 personnes par exploitation.

5 GESTION DES TERRES

5.1 Taille de l'exploitation

A Jiratawa la superficie moyenne par exploitation est de 0,73 ha. Cependant les superficies de notre échantillon varient de 0,4 à 6,5 ha et 34 % ont seulement des exploitations de 0,5ha; 45 % des exploitants ont des superficies qui tournent autour de la moyenne, 11 % des exploitations avec 1 ha et le reste ayant des superficies allant de 1,5 à plus de 6 ha. La taille de la famille par exploitation varie de 4 à 22 individus, avec 20 % des exploitations ayant un effectif de 3 à 5 personnes.

A Dan Kullu les superficies des exploitations varient de 4 ha à 20 ha avec 61,5 % des exploitations étant inférieures ou égales à 4 hectares et le reste (38,5 %) ayant des superficies allant de 5 à plus de 20 ha. La taille de la famille sur une exploitation est en moyenne de 9 individus Elle varie de 4 à 22 individus avec 22 à 33 % des exploitations ayant 6 à 8 individus.

A Magami 17 % des exploitations ont des superficies inférieures à 2,5 ha en moyenne et le reste ayant des superficies variant de 2,5 à plus de 7 ha avec plus de 37 % ayant des superficies allant de 2,5 à 4 ha. La taille de la famille varie de 2 à 16 individus avec une prédominance de familles de 7 personnes représentant 27,3 % de l'échantillon du village, alors que la taille moyenne est entre 8 et 9 individus.

A Sherkin Hausa les superficies des exploitations varient de 2,5 à plus de 10 ha dont 3 % de 3 ha, 3,5 et 4 ha). Les autres ont des exploitations variant de 5 ha à plus de 10. La taille varie de 2 à 19 individus avec une prédominance de familles de 11 personnes correspondant à 40 % de l'échantillon et dont la moyenne est entre 10 et 11.

5.2 Situation géographique des champs

La distance des champs par rapport au village indique la facilité ou la difficulté qu'ont les paysans à apporter de la fumure organique dans leurs champs. En effet il est de plus en plus admis, faute de moyens de transport, que les champs proches du village (champs de case) ont plus de chance de recevoir du fumier que les champs qui sont éloignés et ceci a été confirmé par la plupart des paysans ayant participé à l'enquête.

5.3 Statut des champs

Il concerne les modes de propriété des champs des exploitations. Dans notre cas plus de 97 % des champs sont hérités. Cependant quelques cas de gage, d'emprunt ou prêt existent mais en proportion négligeable. Les emprunts se font moyennant une contrepartie de 4 500 FCFA. Ce qui est important de retenir, c'est que les champs hérités sont mieux entretenus en fumure ou autres que les champs loués ou en gages.

5.4 Systèmes de culture

Dans tous les villages d'étude les céréales sont les cultures dominantes, souvent en association avec les légumineuses. 90 % de notre échantillon pratiquent l'association des cultures contre 8,7 % qui ont des cultures en pur ou en association et 0,7 % seulement, en pur. Seul à Jiratawa, on trouve quelques champs en pur sur le périmètre irrigué (2,6 %). Les raisons du choix des systèmes de cultures sont la minimisation des risques en portant espoir sur un ensemble de cultures (96,6 % sont de cet avis), la fertilisation des sols par les légumineuses (84 %), la petitesse des superficies, la tradition (3,4 %).

5.5 Matériel agricole

Il est essentiellement composé de matériel moderne tels les charrettes, les canadiens, les semoirs et 33 % de notre échantillon les possèdent contre 67 % qui n'ont aucun.

6 GESTION DE LA FERTILITE

Les sols des villages concernés par cette étude, et plus particulièrement Magami et Dan Kullu, sont en majorité des sols sableux. A Sharken Hausa on trouve des sols sablo-argileux (20 %) et des sols sablonneux (80 %) alors qu'à Jiratawa, on trouve 3 catégories de sols, à savoir : argileux (30 %), sablo-argileux (40 %) et sableux (30 %).

Globalement prise, la zone d'étude présente des sols avec un niveau de fertilité moyen (45 %) des champs contre 19 % de niveau pauvre et 36 % de niveau riche. En allant cas par cas dans les villages étudiés, le niveau moyen de fertilité domine avec 45, 55 et 65 % respectivement dans les villages de Magami, Dandana et Dan Kullu sauf à Jiratawa où les sols sont à 66 % riches. Quant au sols pauvres ils se manifestent seulement à Dandana où ils occupent la deuxième place avec 27, 6 % contre les sols riches (7 %).

Cependant pour toutes les catégories de sols rencontrées, les paysans estiment avoir constaté une baisse de fertilité. Les critères de jugement de cette baisse de fertilité des sols, selon les paysans, sont la mauvaise levée des plants, mauvaise croissance des plants, l'apparition de certaines mauvaises herbes, la disparition de certaines mauvaises herbes et surtout le faible rendement (99 %).

Les causes probables de la baisse de la fertilité des sols sont, selon les paysans interrogés: les champs sont fatigués et la non disponibilité des terres fait qu'on ne les laisse plus se reposer. Il y a aussi la coupe abusive d'arbre pour le bois de chauffe, le défrichage anarchique, la culture continue sans restitution des éléments nutritifs.

Pour restaurer cette fertilité des sols les paysans adoptent un certain nombre de stratégies telles que :

- L'apport du fumier qui est une pratique connue est pratiquée par les paysans. Dans la zone d'étude 100 % des paysans interrogés apportent du fumier. La contrainte principale est la disponibilité en quantité suffisante pour couvrir les besoins et aussi le manque de moyen de transport pour amener la fumure au niveau des champs qui sont loin du village.
- L'utilisation des engrais minéraux se fait très timidement et en petite quantité par les paysans qui connaissent très bien leur efficacité sur l'augmentation des rendements, grâce aux différents projets qui ont existé ou qui existent dans le département de Maradi (Projet du Développement Rural de Maradi, Projet Aguié, Projet Mayahi). Il n'est pas facile de savoir avec précision les quantités utilisées dans les champs car elles varient en fonction du pouvoir d'achat des paysans mais elle est toujours inférieure à la dose recommandée par la recherche. Le problème des prix des engrais est l'une des principales contraintes que soulignent les paysans interrogés.
- Les résidus des cultures jouent, non seulement un rôle dans la restauration et le maintien de la fertilité des sols mais aussi dans la lutte contre l'érosion éolienne et hydrique. Ceci est perçu par tous les paysans qui ont participé à l'enquête. L'une des contraintes à l'utilisation de cette technique est la quantité insuffisante due à la forte concurrence d'utilisation des tiges comme source d'énergie, aliment du bétail et matériau de construction. Certains paysans pensent que les tiges laissées au champ sont des nids de parasites.
- La jachère qui tend à disparaître est mentionnée par les paysans comme une des meilleures technologies pour la restauration de la fertilité des sols. Au niveau de tous les villages, 100 % des paysans interrogés ne laissent plus leurs champs en jachère.
- Une autre pratique de restitution des éléments nutritifs est l'apport de la fumure organique sous forme de compost. Cette pratique est seulement utilisée à Jiratawa par à peu près 10 % des paysans interrogés. Dans les localités (Magami, Sharken Hausa et Dan Kullu) aucun paysan ne pratique cette méthode. L'une des contraintes à la fabrication du compost est le manque d'eau.
- Le parcage est une autre forme d'apport du fumier au champ. Cependant cette pratique est en train de disparaître car elle devient de plus en plus coûteuse et les peuls qui détiennent les animaux se sédentarisent de plus en plus et préfèrent garder les animaux dans leurs champs.

En matière de conservation des sols, deux fléaux ont été identifiés : l'érosion éolienne et l'érosion hydrique surtout sur les sols sableux et les sols sablo-argileux. Certaines techniques de lutte existent dans les villages à savoir : l'utilisation des tiges des cultures et les coupes améliorées des arbres et arbustes contre surtout l'érosion éolienne. Pour l'érosion hydrique beaucoup reste à faire car les paysans frappés par ce fléau ont peu de moyens de lutte (voire inexistant).

L'intégration agriculture-élevage est l'un des moyens permettant la restauration de la fertilité des sols grâce à l'utilisation du fumier produit par les animaux et au moyen de son transport dans les champs. Au niveau de tous les villages, les paysans interrogés reconnaissent la nécessité d'une intégration de ces 2 activités.

Tableau 5 : Méthodes de gestion de la fertilité des sols au village de Jiratawa

Technologies	% paysans ayant adopté ces méthodes	Durée d'adoption (années)	Raisons d'adoption ou d'abandon	Contraintes spécifiques à conduire ces méthodes
Coupes d'arbustes, nettoyage et brûlis	96	35 à 50 ans	Abandon de cette méthode car elle appauvrit le sol.	Appauvrissement des sols
Jachère	0	Plus de 50 ans	Abandon de cette méthode par manque de terres cultivables due à une forte pression démographique et aux aléas climatiques.	Manque de terres cultivables
Fumier	98	Plus de 40 ans	Méthode adoptée car elle permet d'augmenter substantiellement les rendements.	Insuffisance en nombre d'animaux domestiques et en quantité de fumier; manque de moyens de transport; nids de parasites (attaques des plants); en cas de mauvaise pluviométrie, dessèchement des plants.
Parcage	0	Néant	Néant	Manque de moyens financiers; rareté des éleveurs transitant dans la région.
Résidus de culture	30	Plus de 25 ans	Méthode maintenue par certains à cause de la forte concurrence à l'utilisation des tiges (chauffe, alimentation bétail et construction)	Quantité insuffisante due à la forte concurrence d'utilisation des tiges.
Défrichage amélioré	97	Plus de 20 ans	Protection des sols et des plants contre l'érosion éolienne ; Fertilisation des sols	Nids de parasites (attaques des plants) Néant
Compost	10	Plus de 30 ans	Fertilisation des sols ; Augmentation des rendements	Travail pénible; manque d'engrais minéraux.
Engrais minéraux	45	Plus de 20 ans	Fertilisation des sols ; Augmentation des rendements	Manque de moyens financiers pour leur achat; mauvaise qualité des engrais; problème d'approvisionnement

Tableau 6 : Méthodes de gestion de la fertilité des sols au village de Magami

Technologies	% paysans ayant adopté ces méthodes	Durée d'adoption (années)	Raisons d'adoption ou d'abandon	Contraintes spécifiques à conduire ces méthodes
Coupes d'arbustes, nettoyage et brûlis	0	Plus de 60 ans	Abandon de cette méthode car elle appauvrit le sol.	Appauvrissement des sols
Jachère	0	Plus de 50 ans	Abandon de cette méthode par manque de terre cultivable due à une forte pression démographique et aux aléas climatiques.	Manque de terres cultivables
Fumier	95	Plus de 30 ans	Méthode adoptée car elle permet d'augmenter substantiellement les rendements.	Insuffisance en nombre d'animaux domestiques et en quantité de fumier; manque de moyens de transport; nids de parasites (attaques des plants; en cas de mauvaise pluviométrie, dessèchement des plants.
Parcage	20	Plus de 15 ans	Méthode maintenue car elle requière un coût (contre partie payée par les paysans) qui n'est pas à la portée de tous les paysans.	Manque de moyens financiers; rareté des éleveurs transitant dans la région.
Résidus de culture	40	Plus de 30 ans	Méthode maintenue par certains à cause de la forte concurrence à l'utilisation des tiges (chauffe, alimentation bétail et construction)	Quantité insuffisante due à la forte concurrence d'utilisation des tiges; nids de parasites (attaques des plants)
Défrichage amélioré	93	Plus de 15 ans	Protection des sols et des plants contre l'érosion éolienne Fertilisation des sols	Néant
Compost	0	Néant	Néant	Néant
Engrais minéraux	40	Plus de 20 ans	Fertilisation des sols; augmentation des rendements	Manque de moyens financiers pour leur achat ; Mauvaise qualité des engrais ; Problème d'approvisionnement

Tableau 7 : Méthodes de gestion de la fertilité des sols au village de Sharken Hausa

Technologies	% paysans ayant adopté ces méthodes	Durée d'adoption (années)	Raisons d'adoption ou d'abandon	Contraintes spécifiques à conduire ces méthodes
Coupes d'arbustes, nettoyage et brûlis	90	35 à 50 ans	Abandon de cette méthode car elle appauvrit le sol.	Appauvrissement des sols
Jachère	0	Plus de 50 ans	Abandon de cette méthode par manque de terres cultivables due à une forte pression démographique et aux aléas climatiques.	Manque de terre
Fumier	96	Plus de 30 ans	Méthode adoptée car elle permet d'augmenter substantiellement les rendements.	Insuffisance en nombre d'animaux domestiques et en quantité de fumier ; manque de moyens de transport; nids de parasites (attaques des plants); en cas de mauvaise pluviométrie, dessèchement des plants.
Parcage	40	Plus de 25 ans	Méthode en voie de disparition car elle requière un coût (contre partie payée par les paysans) qui n'est pas à la portée de tous les paysans.	Manque de moyens financiers; Rareté des éleveurs transitant dans la région.
Résidus de culture	20	Plus de 20 ans	Méthode abandonnée par certains à cause de la forte concurrence à l'utilisation des tiges (chauffe, alimentation du bétail et construction)	Quantité insuffisante due à la forte concurrence d'utilisation des tiges; nids de parasites (attaques des plants)
Défrichage amélioré	97	Plus de 10 ans	Protection des sols et des plants contre l'érosion éolienne; fertilisation des sols.	Manque de sensibilisation
Compost	0	Néant	Néant	Manque de formation; problème d'eau; manque de main d'œuvre.
Engrais minéraux	30	Plus de 15 ans	Fertilisation des sols; augmentation des rendements	Manque de moyens financiers pour leur achat; mauvaise qualité des engrais; problème d'approvisionnement

En plus de son rôle dans la production du fumier, l'élevage constitue l'essentiel de l'épargne des membres d'une exploitation car facilement transformable en liquidité et source de financement des préoccupations des familles.

Le manque de crédits est un handicap sérieux à l'accès aux intrants agricoles tels que les engrais pour la majorité des paysans qui ont des revenus faibles¹.

En conclusion cette enquête a permis d'avoir un certain nombre d'informations sur les zones d'étude en matière de l'utilisation des fumures, et surtout de dégager certaines contraintes citées par les paysans eux-mêmes :

- Le transport du fumier n'est pas facile et conduit à privilégier les champs les plus proches du village en terme d'apport de fumier au détriment des champs éloignés.
- L'insuffisance du fumier apporté dans les champs soulignant un problème de disponibilité de cette fumure, surtout chez les paysans qui ne possèdent pas d'animaux.
- L'insuffisance des résidus de cultures car utilisés pour d'autres usages tels la chauffe, les clôtures des maisons hormis l'alimentation du bétail.
- Le manque de liquidités monétaires obligeant les paysans à se contenter de l'exploitation minière des terres.
- Le manque de formation des paysans en matière de restauration de fertilité des sols est très notée dans au moins trois villages.

7 ÉVOLUTION DES SOLS DANS LE TEMPS

7.1 Evolution des sols dans le temps

L'utilisation partielle de cette méthode n'a pu se faire qu'à Sharken Hausa où il existe une étude pédologique comme il a été mentionné ci-dessus et où 3 profondeurs par profil ont été considérées. Les résultats des analyses du sol des profils échantillonnés à Sharken Hausa en 1977 et 1999 sont donnés dans le tableau 8 ci-dessous. Il s'agit des propriétés chimiques de sol car les propriétés physiques initiales c'est-à-dire celles de 1977 ne sont pas disponibles.

¹ Aucun des paysans de notre échantillon des trois villages (Magami, Sharken Hausa, Dan Kullu) n'a bénéficié d'un crédit d'un organisme ou d'une institution au cours de ces 5 dernières années. Seul à Jiratawa, 50 % des paysans reçoivent des crédits de la part de la coopérative moyennant un taux d'intérêt variant de 2-7 % du montant. Les crédits informels ou entre particuliers existent dans la communauté et sont essentiellement basés sur la confiance entre individus. Ce genre de crédit peut être avec ou sans intérêt et plus communément attribué pour les cérémonies que pour les activités champêtres car le remboursement est plus rapide.

Tableau 8 : Propriétés chimiques des sols au niveau des profils à Sharken Hausa

Profil No 31	Profondeur 0–11cm		Profondeur 11–60cm		Profondeur 60–110cm	
	1977	1999	1977	1999	1977	1999
<i>Propriété</i>						
pH (H ₂ O)	5,9	5,3	6,1	5,6	6,0	5,1
Ca (meq/100g)	0,4	1,35	0,3	1,45	0,3	1,0
Mg (meq/100g)	0,21	0,39	0,21	0,45	0,23	0,36
K (meq/100g)	0,08	0,07	0,06	0,56	0,08	0,07
Na (meq/100g)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Carbone (%)	0,14	0,17	0,14	0,16	0,11	0,10

Profil No 109	Profondeur 0–12cm		Profondeur 12–42cm		Profondeur	
	1977	1999	1977	1999	1977	1999
<i>Propriété</i>						
PH (H ₂ O)	6,8	5,1	6,0	5,5		
Ca (meq/100g)	0,26	0,85	0,42	0,5		
Mg (meq/100g)	0,14	0,17	0,27	0,14		
K (meq/100g)	0,14	0,12	0,07	0,12		
Na (meq/100g)	0,01	0,01	0,01	0,01		
Carbone (%)	0,21	0,12	0,23	0,09		

Profil No 110	Profondeur 0–25cm		Profondeur 25–58cm		Profondeur 58–98cm	
	1977	1999	1977	1999	1977	1999
<i>Propriété</i>						
PH (H ₂ O)	6,8	5,6	5,8	5,4	5,4	5,2
Ca (meq/100g)	0,5	0,65	0,35	0,65	0,25	0,35
Mg (meq/100g)	0,28	0,2	0,24	0,2	0,25	0,19
K (meq/100g)	0,09	0,07	0,07	0,07	0,08	0,06
Na (meq/100g)	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Carbone (%)	0,32	0,13	0,25	0,11	0,16	0,11

En consultant les résultats des analyses de sol on constate une tendance à la baisse du pH de 1977 à 1999 de l'ordre d'une unité surtout au niveau des échantillons de surface. Cette tendance a été rapportée par plusieurs auteurs travaillant dans la zone soudano-sahélienne (Sedogo 1997, Diatta et Siband, 1997). En ce qui concerne les bases échangeables, le calcium a été le plus affecté car on assiste à une augmentation de cet élément qui est en moyenne de l'ordre de 40 %. Le potassium ont légèrement baissé tandis que le sodium a légèrement augmenté. Pour ce qui est du carbone organique on constate une tendance à la baisse de l'ordre de 50 % de 1977 à 1999. Bationo *et al.* (1995) ont indiqué que l'exploitation continue des terres sans application d'engrais a conduit à une diminution drastique du niveau de matière organique.

Il ne serait pas prudent de faire des comparaisons qui concerne le phosphore et l'azote entre les données du 1977 et celles de 1999 car les méthodes d'analyse ne sont pas les mêmes. Cependant nous estimons que pour le pH, le carbone et les bases échangeables

la différence entre les méthodes ne pourrait pas avoir beaucoup d'influence sur les résultats.

Il faut mentionner que les trois sites échantillonnés sont des sites qui sont sous culture continue sans engrais, donc il s'agit ici de savoir si cette méthode de gestion du sol affecte la fertilité des sols.

7.2 Evolution des sols en fonction des méthodes de gestion

Comme la méthode longitudinale ne pourrait être utilisée dans la zone d'étude par manque d'études pédologiques datant de plus de 20 ans au niveau des villages sites d'étude, la méthode spatiale a été privilégiée pour dégager une tendance à l'amélioration ou à la baisse en fertilité des sols sous les 4 différents systèmes de gestion des sols décrits un peu plus haut.

Les résultats d'analyse par localité sont consignés dans les figures 1–11 et Annexe 3.

- Il faut rappeler que l'un des objectifs assigné à cette étude est de dégager la tendance à la baisse de la fertilité des sols en fonction de différents types de gestion du sol et par localités situées dans des zones agro-écologiques différentes.
- Pour dégager une tendance à l'évolution de la fertilité des sols en fonction de différents types de gestion du sol, on a comparé le sol sous jachère de plus de 50 ans aux autres types de gestion par localité, tout en assumant que la pratique de la jachère permet de régénérer la fertilité des sols.

Les résultats indiquent tout d'abord que les sols sur lesquels l'étude a porté sont en général des sols sableux qui ont des caractéristiques de sols ferrugineux tropicaux avec un taux de sable de plus de 95 %, et une capacité d'échange cationique faible. Ce sont des sols pauvres en matière organique. On remarque tout de même la présence d'un gradient de fertilité du sol au Nord. Les sols de Jiratawa, localité plus au sud, présentent un niveau de fertilité relativement plus élevé que celui de Dan Kullu, localité située un peu plus au Nord. Boulet (1964), dans une étude réalisée en 1964, notait que les sols de la zone sud, à l'époque moins cultivés, présentaient des taux d'azote (N) et de phosphore (P) supérieurs à ceux de la zone nord, dans les secteurs cultivés depuis longtemps.

Figure 1 : pH des sols en fonction de types de gestion dans les villages de la région de Maradi

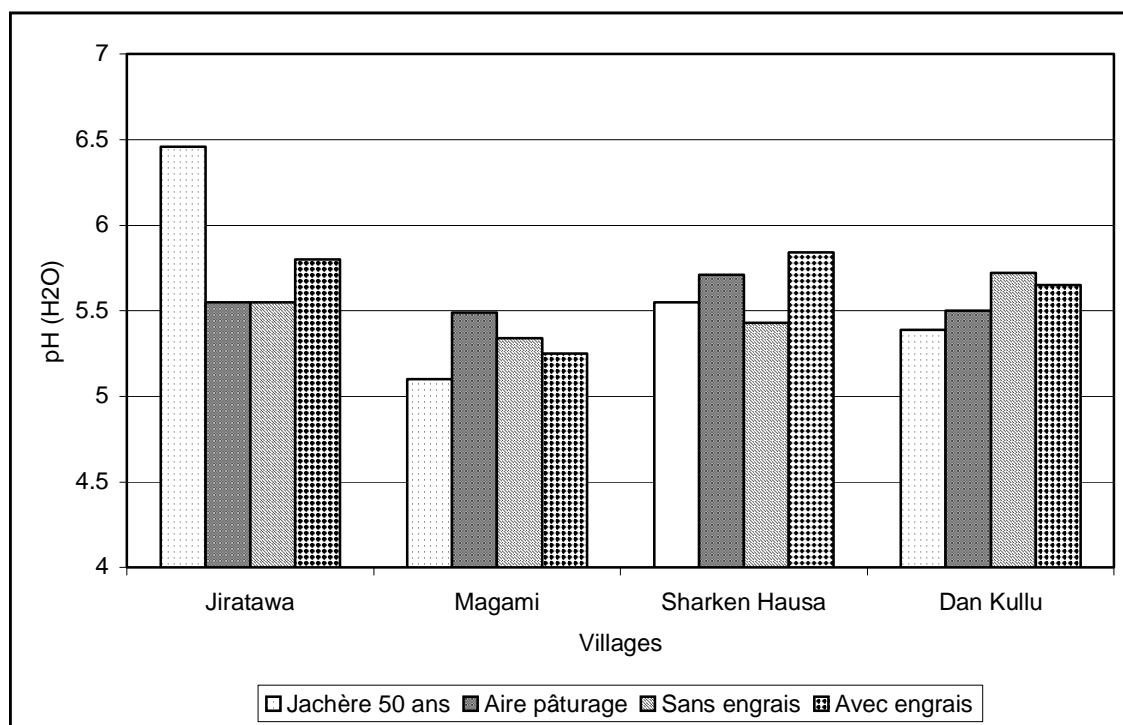


Figure 2 : Teneur en calcium (Ca) en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi

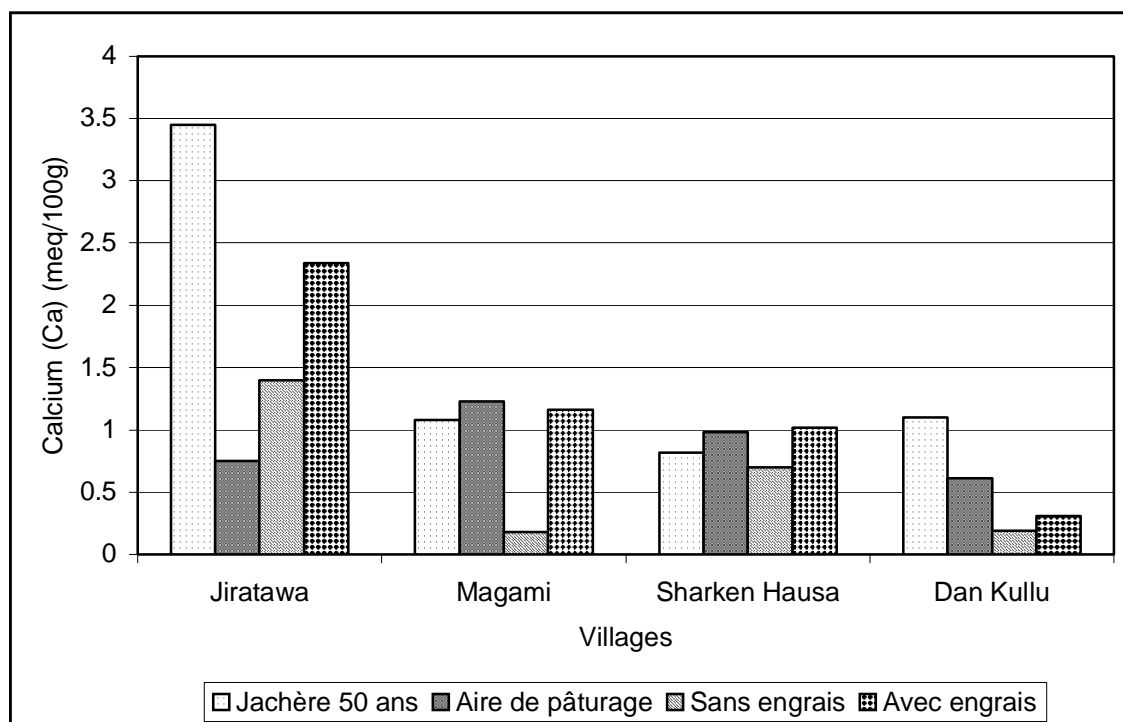


Figure 3 : Teneur en magnésium (Mg) en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi

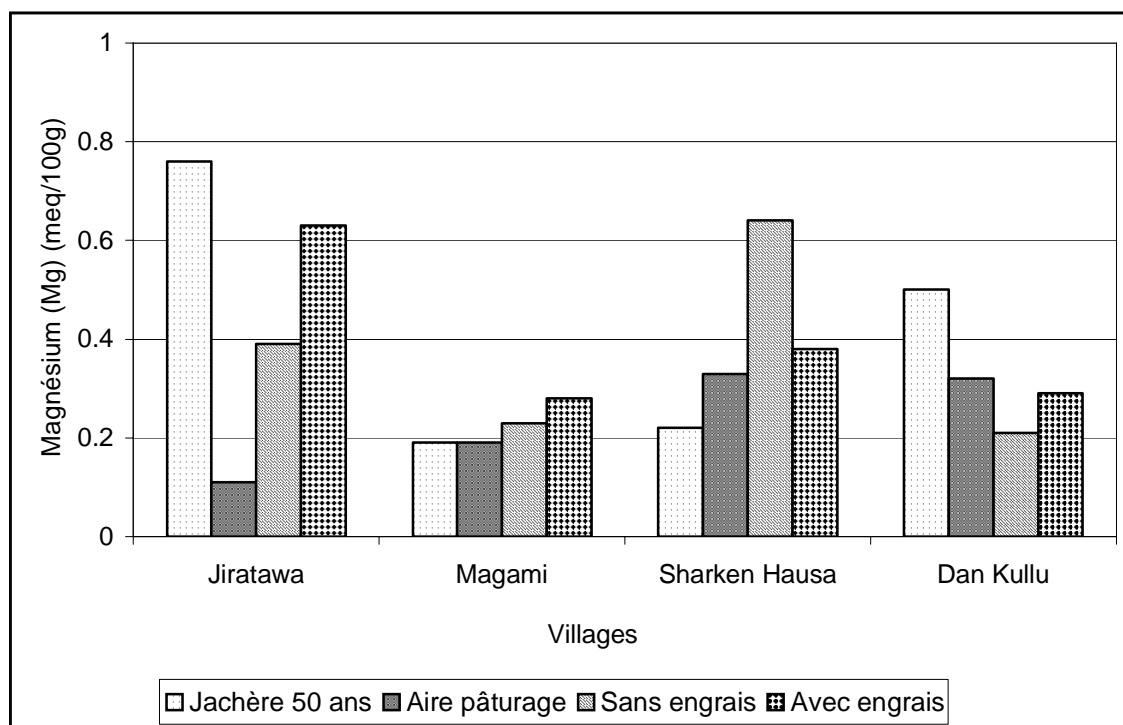
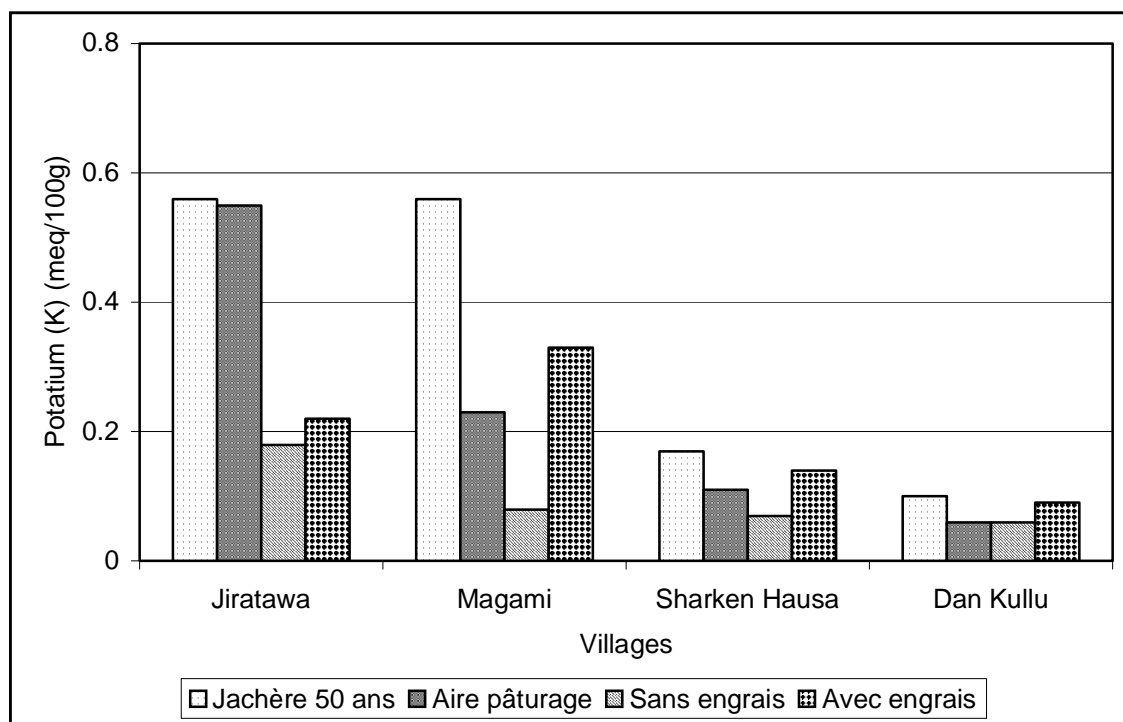


Figure 4 : Teneur en potassium (K) en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi



C'est ainsi qu'en ce qui concerne l'évolution du pH par rapport au témoin, on remarque une baisse sensible de ce paramètre au niveau de Jiratawa, de l'ordre d'une l'unité car il descend de pH 6,5 à pH 5,5 au niveau de la culture continue et de l'aire de pâturage (figure 1). Cependant cette baisse semble être atténuée avec l'utilisation des engrais. Dans les autres localités le pH est sensiblement acide et ne semble pas être affecté d'une façon considérable par le type de gestion du sol.

En ce qui concerne le calcium (Ca), il semble être affecté par le type de gestion du sol dans 3 des 4 localités (figure 2). En effet on constate à Jiratawa une baisse sensible de l'ordre de 79, 60 et 33 % pour le pâturage, la culture continue sans engrais et la culture continue avec engrais respectivement. La culture continue avec apport d'engrais a contribué à limiter la réduction du taux de calcium de sol. Ceci pourrait être attribué à l'effet du calcium apporté au sol par l'intermédiaire d'une fertilisation phosphatée à base du super triple phosphate qui est un engrais très utilisé dans la zone (Jones, 1974). A Magami, la culture continue sans engrais a contribué à appauvrir le sol en calcium de l'ordre de 16 % par rapport à la jachère, tandis qu'à Dan Kullu localité située plus au nord, la tendance à la baisse est de l'ordre de 83, 72 et 55 % avec la culture continue sans engrais, la culture continue avec engrais et le pâturage respectivement.

Avec le magnésium (Mg), la tendance à la baisse est plus prononcée à Jiratawa au niveau de l'aire de pâturage et à Dan Kullu au niveau de la culture continue sans engrais (figure 3).

Quant au potassium (K), on constate une nette diminution avec la culture continue sans engrais de l'ordre de 68 et 86 % à Jiratawa et Magami respectivement (figure 4). A Sharken Hausa et à Dan Kullu on remarque que cet élément se trouve en petite quantité dans le sol et que la tendance à la baisse n'est pas tellement perceptible sauf à Sharken Hausa où au niveau de la culture continue sans engrais la concentration de potassium a baissé de plus de 50 % (Annexe 3, tableau A3).

Le sodium (Na) quant à lui a montré une tendance à la baisse à Jiratawa avec les 3 types de gestion du sol par rapport au témoin tandis qu'à Sharken Hausa la culture continue sans engrais a entraîné une augmentation de Na de près de 50 % et à Magami l'augmentation sensible s'est faite remarquée avec la culture continue avec engrais et au niveau de l'aire de pâturage (figure 5). A Dan Kullu aucun changement n'a été observé.

D'une manière générale la somme de base a été affecté négativement par les 3 types de gestion du sol dans les 4 villages d'étude et la tendance à la baisse se fait plus ressentir au niveau de la culture continue sans engrais (figure 6). Cette tendance a été indiquée par Boulet (1964) qui rapportait que les sols sableux de cette région sont très pauvres en éléments ce qui réduit la capacité d'échange et amène les bases à des taux très bas.

Avec le phosphore on remarque une tendance à la baisse au niveau de la culture continue sans engrais et avec engrais tandis qu'au niveau de l'aire de pâturage la concentration en P assimilable s'est considérablement améliorée et ceci dans les 4 villages (figure 7).

Figure 5 : Teneur en sodium (Na) en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi

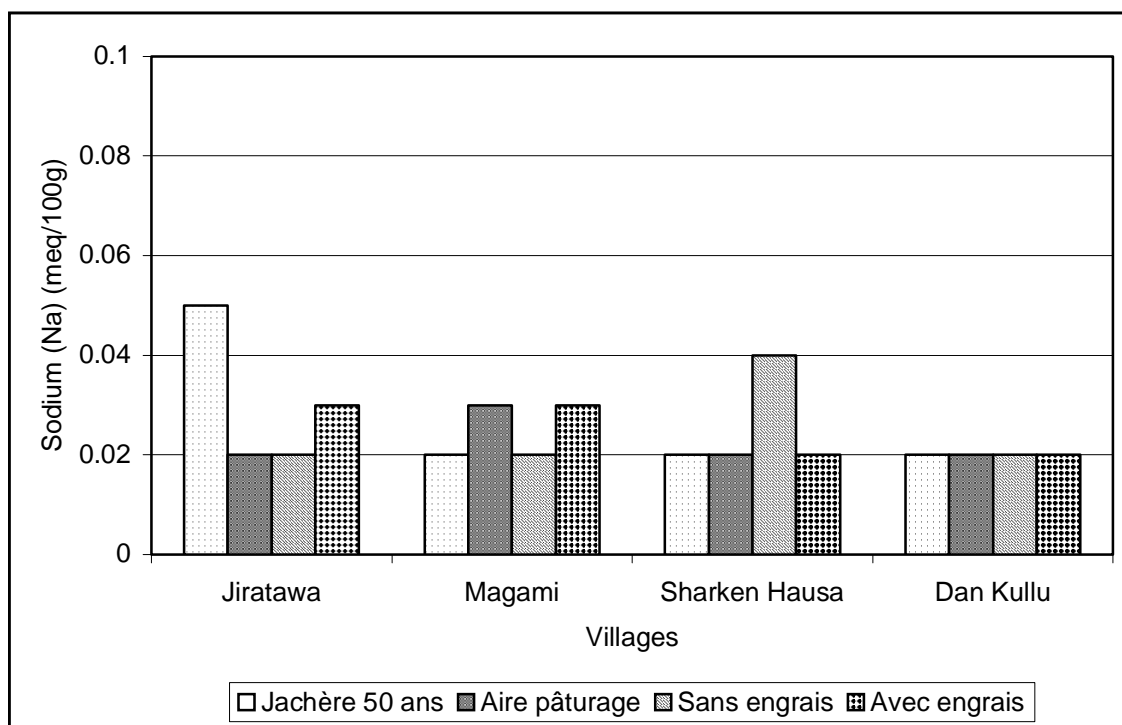


Figure 6 : Somme des bases en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi

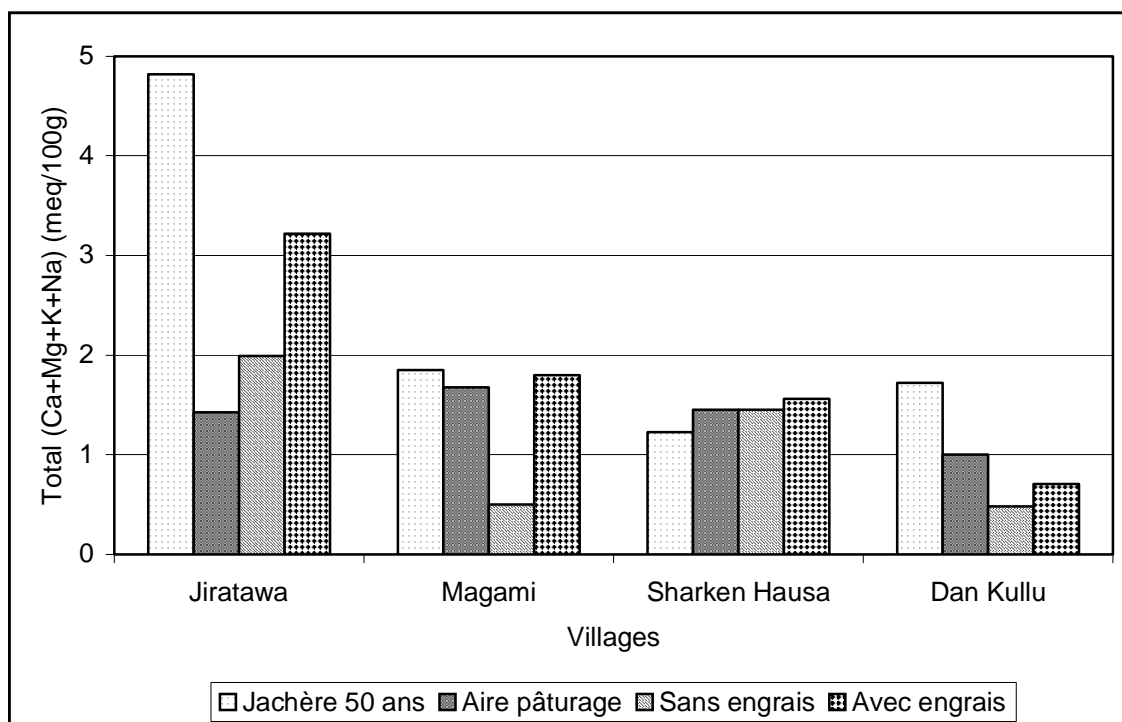


Figure 7 : Teneur en phosphore assimilable en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi

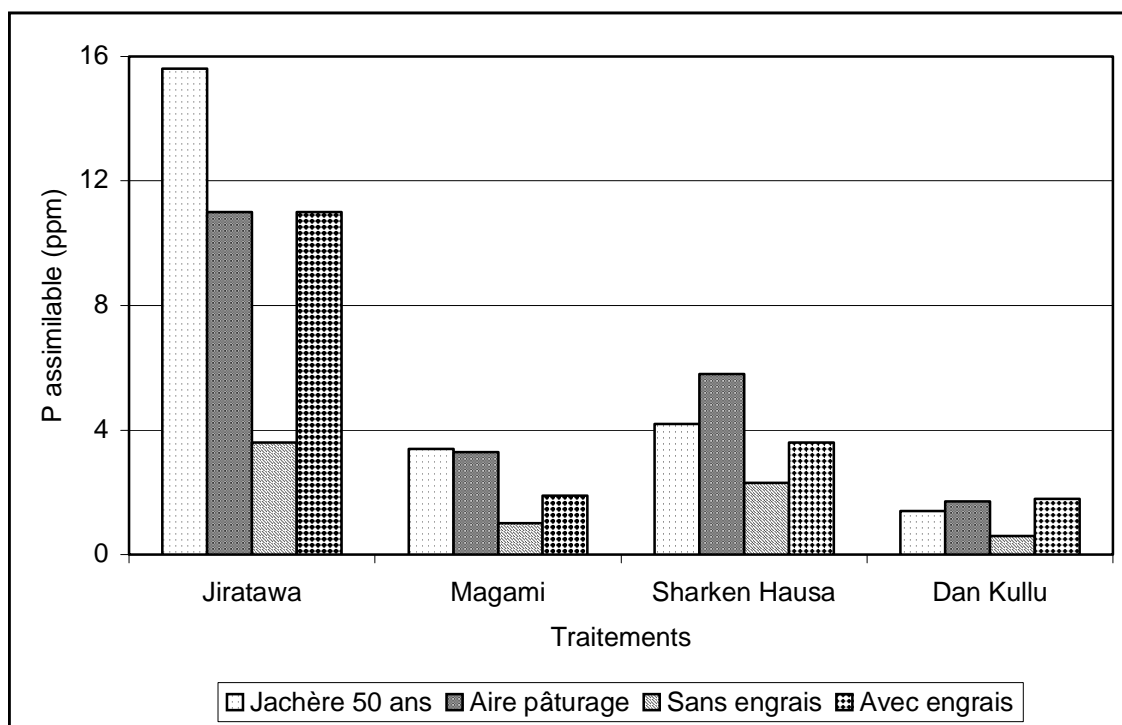


Figure 8 : Teneur en carbone en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi

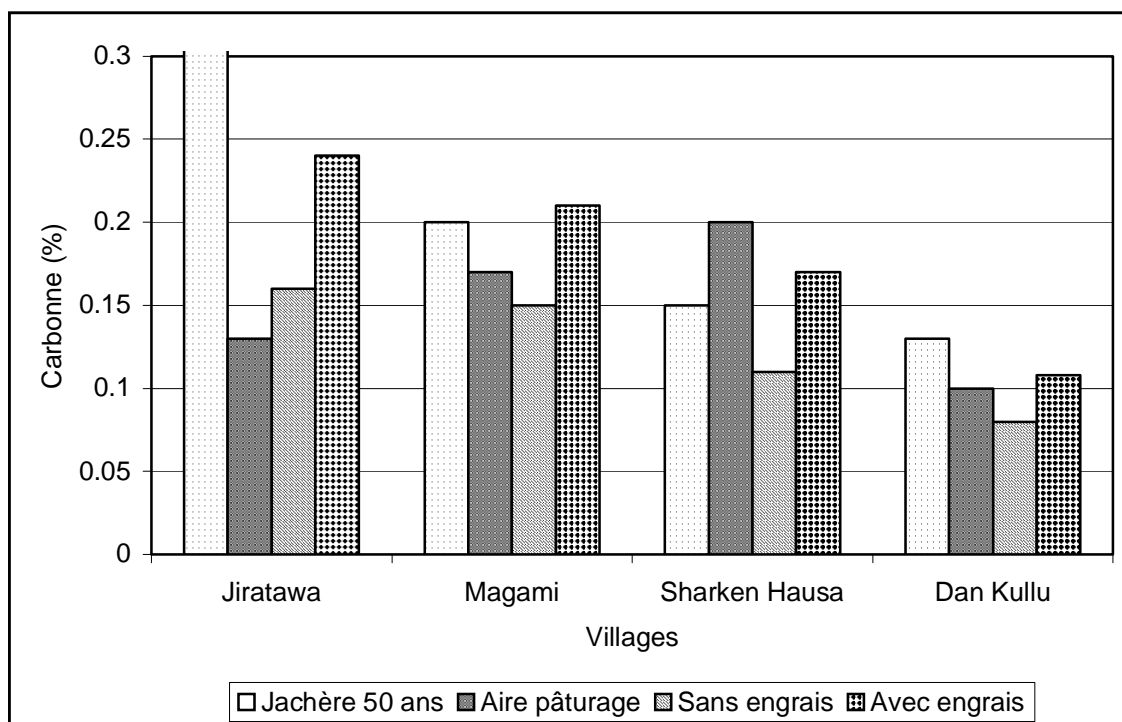


Figure 9 : Teneur en matière organique en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi

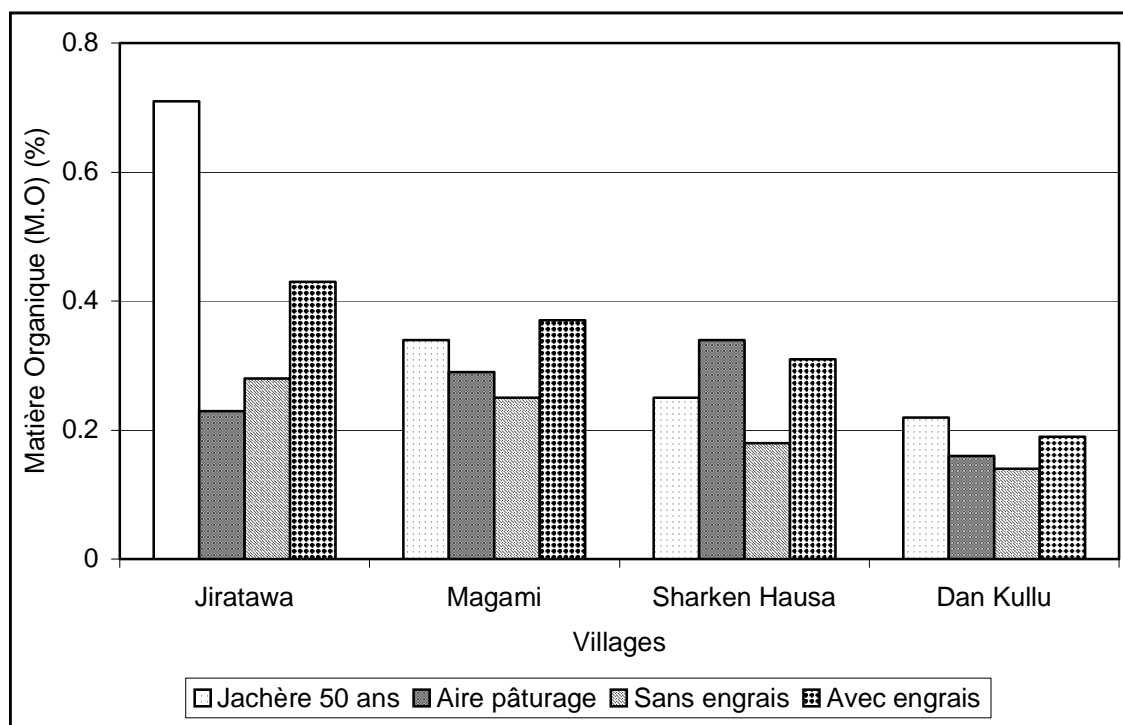
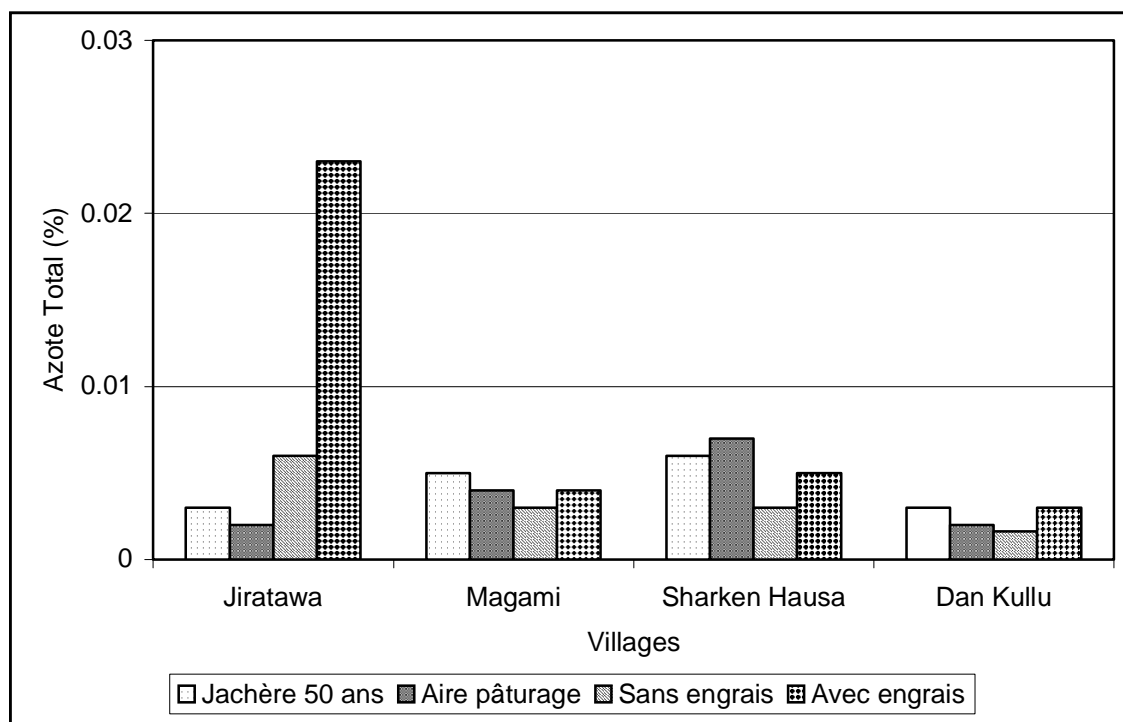


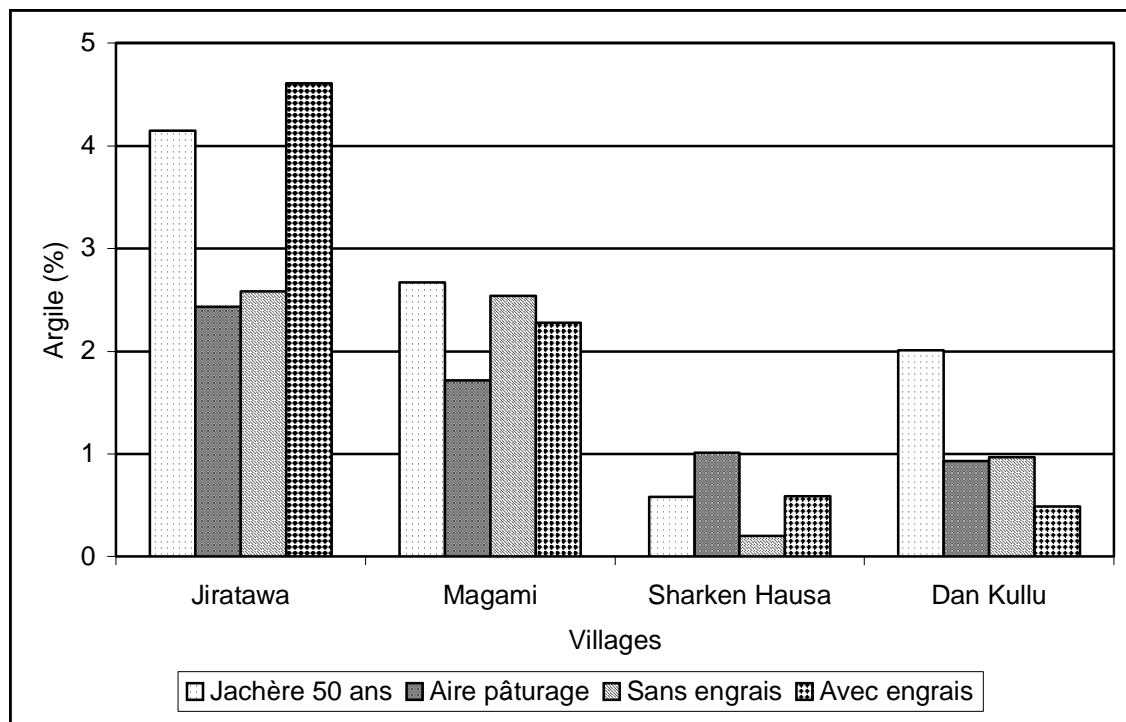
Figure 10 : Teneur en azote total en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi



En ce qui concerne la carbone et la matière organique la baisse se fait plus ressentir au niveau de la culture continue sans engrais par rapport à la jachère ce qui explique bien le rôle de la jachère dans le processus de restauration de la fertilité des sols. A Jiratawa la diminution est de l'ordre de 50 %. Dans une étude conduite au Burkina Faso sur la gestion de la fertilité des sols en zone aride, Sedogo *et al.* (1989) a noté une diminution remarquable de l'azote et du carbone au niveau des traitements sans engrais par rapport à la jachère. L'utilisation des engrais et l'aire de pâturage permettent d'atténuer cette baisse (figure 8 et 9).

Quant à l'azote total on constate que la teneur est très faible quelque soit le type de gestion du sol et sur tous les sites d'études; ceci n'est pas surprenant quand on sait l'effet de températures élevées sur la perte de l'azote. Cependant on remarque que cette teneur a tendance à augmenter à Jiratawa avec la culture continue avec apport d'engrais (figure 10).

Figure 11 : Teneur en argile en fonction de types de gestion des sols dans les villages de la région de Maradi



Les résultats des analyses des sols ont montré une tendance à la baisse de la fertilité des sols à travers la diminution de la teneur de certains paramètres indicateurs de la fertilité des sols. Cette baisse de la fertilité des sols s'est faite ressentir surtout au niveau du système de gestion du sol culture continue sans apport d'engrais qui a montré un bilan négatif des éléments nutritifs des sols. Ceci confirme les résultats obtenus par des nombreux chercheurs qui ont indiqué que la culture continue sans apport d'éléments fertilisants contribue à une baisse de la fertilité des sols due à une exportation des éléments nutritifs des sols (Sedogo *et al.* 1997, Pieri, 1989, Bationo et Vlek, 1997, Stoorvogel et Smaling, 1990). On remarque aussi que l'utilisation des sols comme aire

de pâturage ne favorise pas le maintien de la fertilité des sols; on assiste plutôt à une dégradation des sols sans doute due au surpâturage. Par contre l'utilisation des engrais dans une moindre mesure permet de limiter la baisse de la fertilité des sols ou les améliorer.

8 CONCLUSION

Les sols de la région de Maradi sont des sols sableux avec plus de 95 % de sable. Ils sont de nature pauvre en éléments nutritifs et en matière organique. Il est à remarquer qu'il n'y a pas eu d'effets significatifs des types de gestions du sol sur la texture. L'étude qui a été entreprise a aussi permis de confirmer les résultats d'autres travaux selon lesquels la culture continue sans apport d'engrais contribue à la baisse de la fertilité des sols. Il a été de même remarqué que la jachère est d'une pratique qui permet de maintenir le niveau de la fertilité des sols et que l'utilisation de terres comme aire de pâturage contribue à la dégradation des sols. Par contre l'apport des engrais organique et minéral même à des quantités minimales permet de limiter cette dégradation ce qui permet de conclure que l'utilisation efficace des engrais organiques et minéraux pourrait permettre d'arriver à une agriculture durable en Afrique.

ANNEXE 1 : CLASSIFICATION DES SOLS

- Sols ferrugineux tropicaux peu différenciés sur erg récent qu'on retrouve le long de Goulbi Kaba du sud au nord et la partie nord du département
- Les sols ferrugineux tropicaux typiques sur erg ancien qu'on retrouve à la limite nord du département et dans la région de Tessaoua à l'est
- Les sols ferrugineux tropicaux typiques sur sables de Maradi qui couvrent toute la partie centrale du département
- Les sols ferrugineux tropicaux à marbrures (Série de Souloulou) qui se trouve au sud-ouest du département
- Les sols ferrugineux tropicaux à concrétions (Série d'Ajekoria) qui se trouve au nord-ouest du département dans la région de Dakoro
- Les sols ferrugineux tropicaux sur placages sablo-argileux (Série de Kouroungoussa) qu'on retrouve au centre
- Les sols ferrugineux tropicaux sur alluvions du Quaternaire ancien du Maradi qu'on rencontre à la limite sud du département
- Les sols ferrugineux tropicaux sur placages sablo-argileux et erg ancien (Série de Guidan-Roumji) qu'on retrouve à l'ouest le long de Goulbi Kaba
- Les sols hydromorphes des vallées et différents types de sols plus ou moins hydromorphes (*fadama*) se rencontre le long de Goulbi Maradi, Goulbi Kaba, la vallée de la Tarka et au niveau de certaines dépressions
- Les sols isohumiques peu différenciés sur erg récent qu'on retrouve à la limite nord du département.
- Les sols isohumiques typiques sur erg ancien qui couvrent une infime partie au nord-ouest du département

ANNEXE 2 : LOCALISATION DES CHAMPS DONT LES SOLS ONT ETE ECHANTILLONNES

Figure A1 : Localisation des champs dont les sols ont été échantillonnés et liste des propriétaires à Jiratawa

1. Ibrahim Mallam Moussa à 200 m du village avec engrais
2. Idi Maïyiki à 1.5 km du village sans engrais
3. Oubandawaki Bagaré à 1.5 km du village avec engrais
4. Labo Dan Yayé à 2 km du village sans engrais
5. Maîgari à 2.5 km du village avec engrais
6. Jachère plus de 50 ans à environ 5 km du village
7. Aire de pâturage à environ 1.5 km du village
8. Aire de pâturage à environ 2 km du village

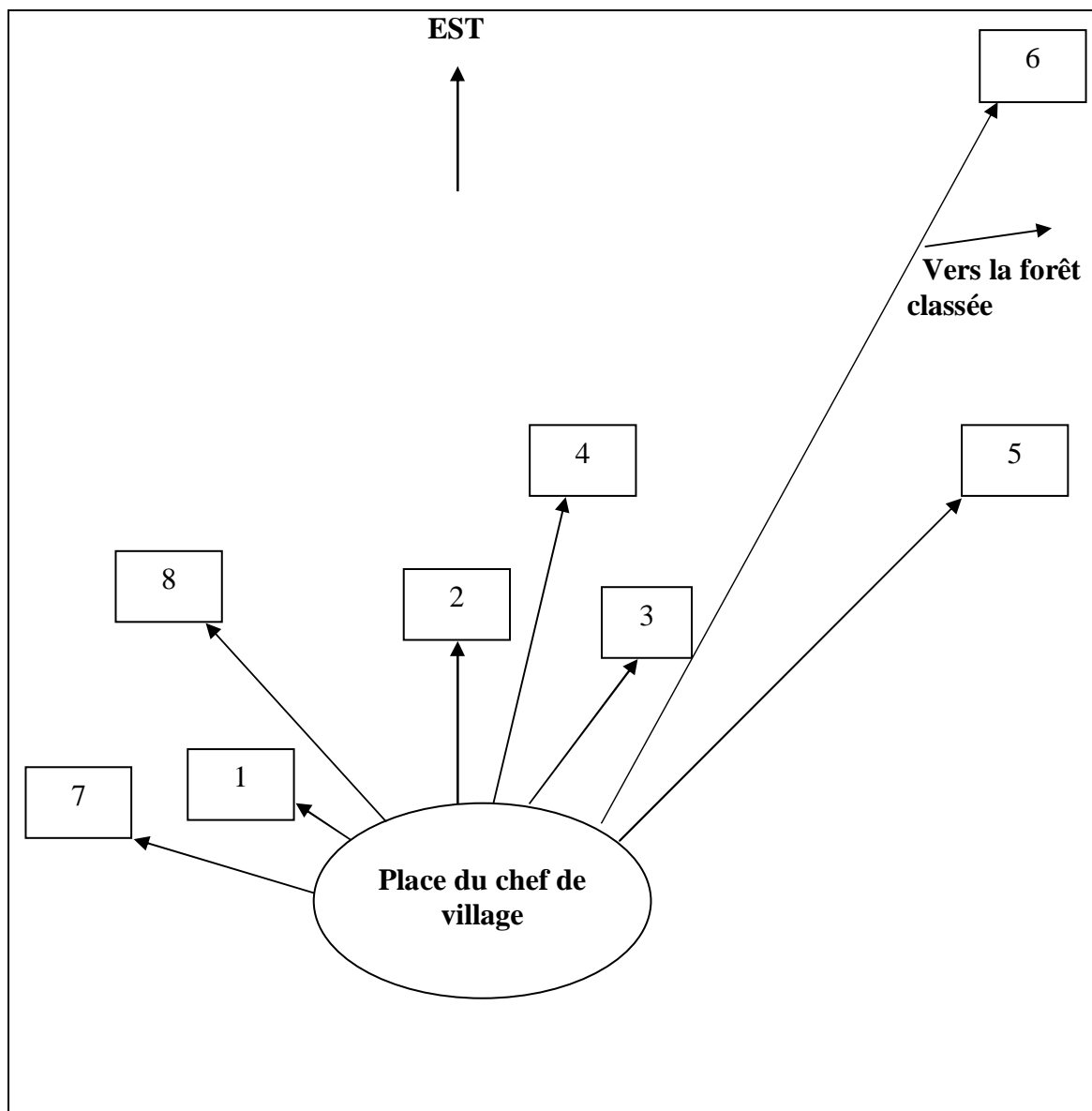


Figure A2 : Localisation des champs dont les sols ont été échantillonnés et liste des propriétaires à Magami

1. Kakari Nomaou à 200 m du village avec engrais
2. Wadjé Balla à 300 m du village avec engrais
3. Harouna Gondah à 500 m du village avec engrais
4. Ibrahim Inoussa à 2.5 km du village sans engrais
5. Issoufou Nomaou 4 km du village sans engrais
6. Jachère plus de 50 ans à environ 6 km du village
7. Aire de pâturage à environ 5 km du village

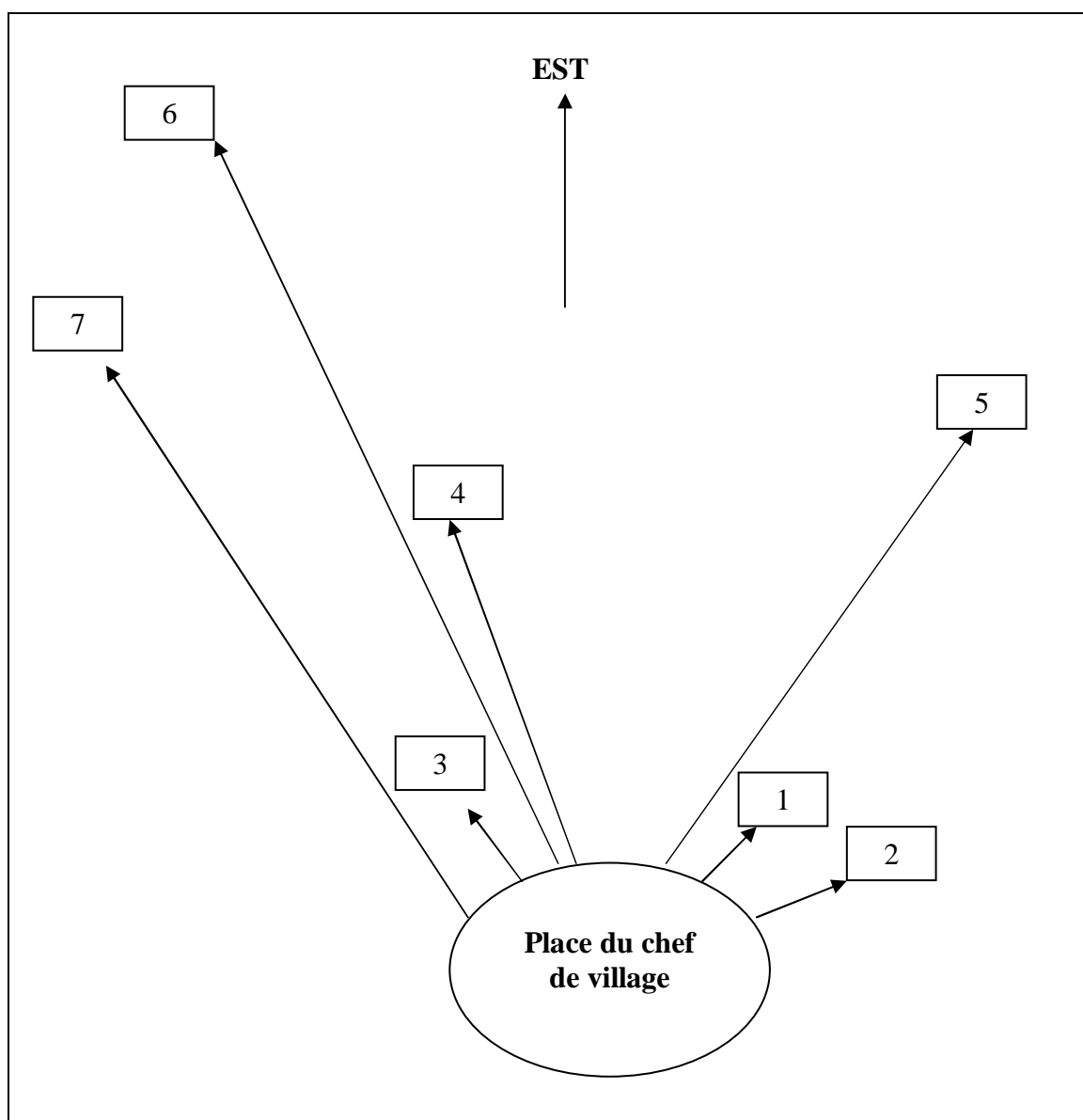


Figure A3 : Localisation des champs dont les sols ont été échantillonnés et liste des propriétaires à Sharken Hausa

1. Aoutta Daourawa à 0.5 km du village avec engrais
2. Mallam Oumarou à 0.6 km du village avec engrais
3. Maïgari à 1.5 km du village sans engrais
4. Illa Bawa à 1 km du village avec engrais
5. Abdou Djigaou à 1 km du village sans engrais
6. Jachère plus de 50 ans à environ 5 km du village
7. Aire de pâturage à environ 2 km du village

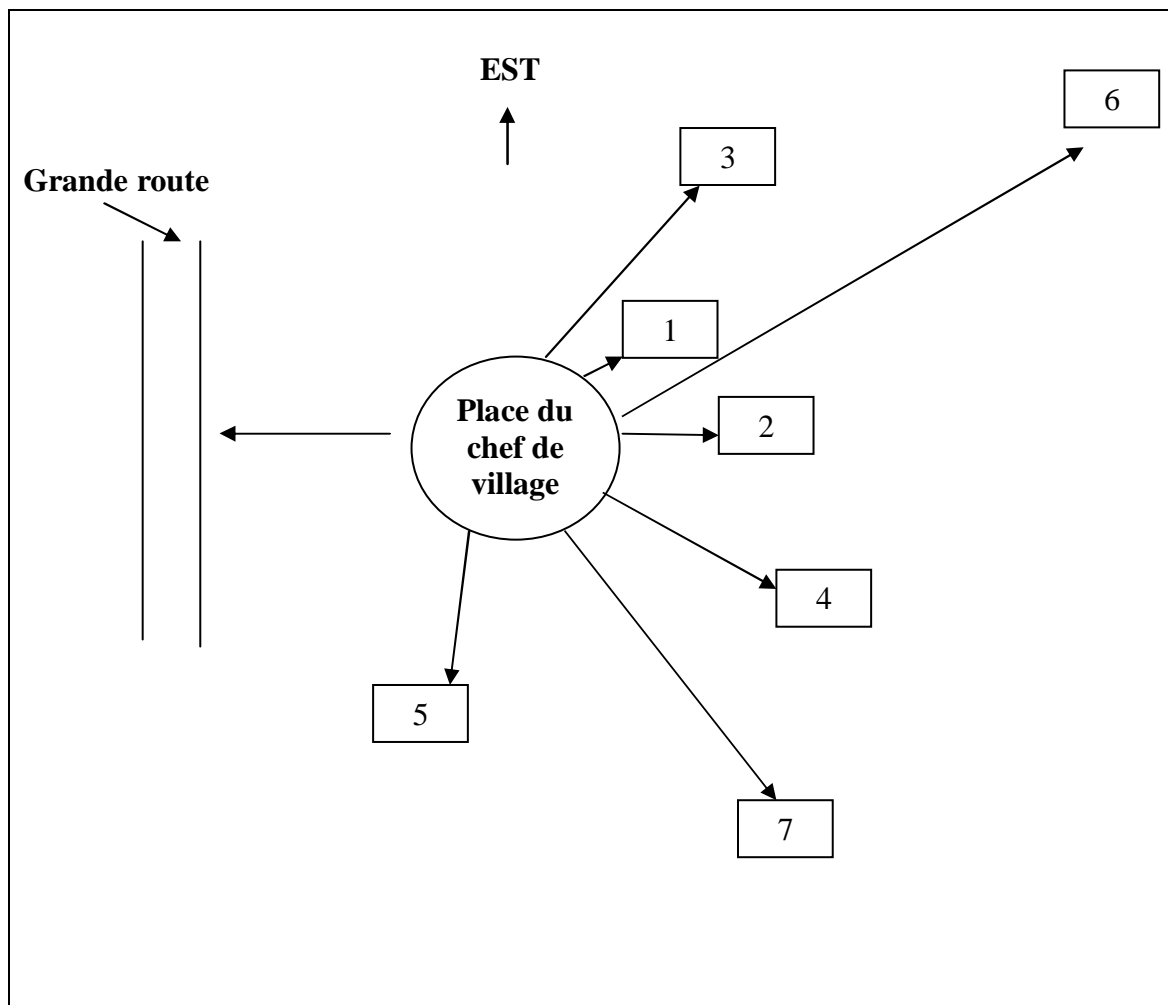
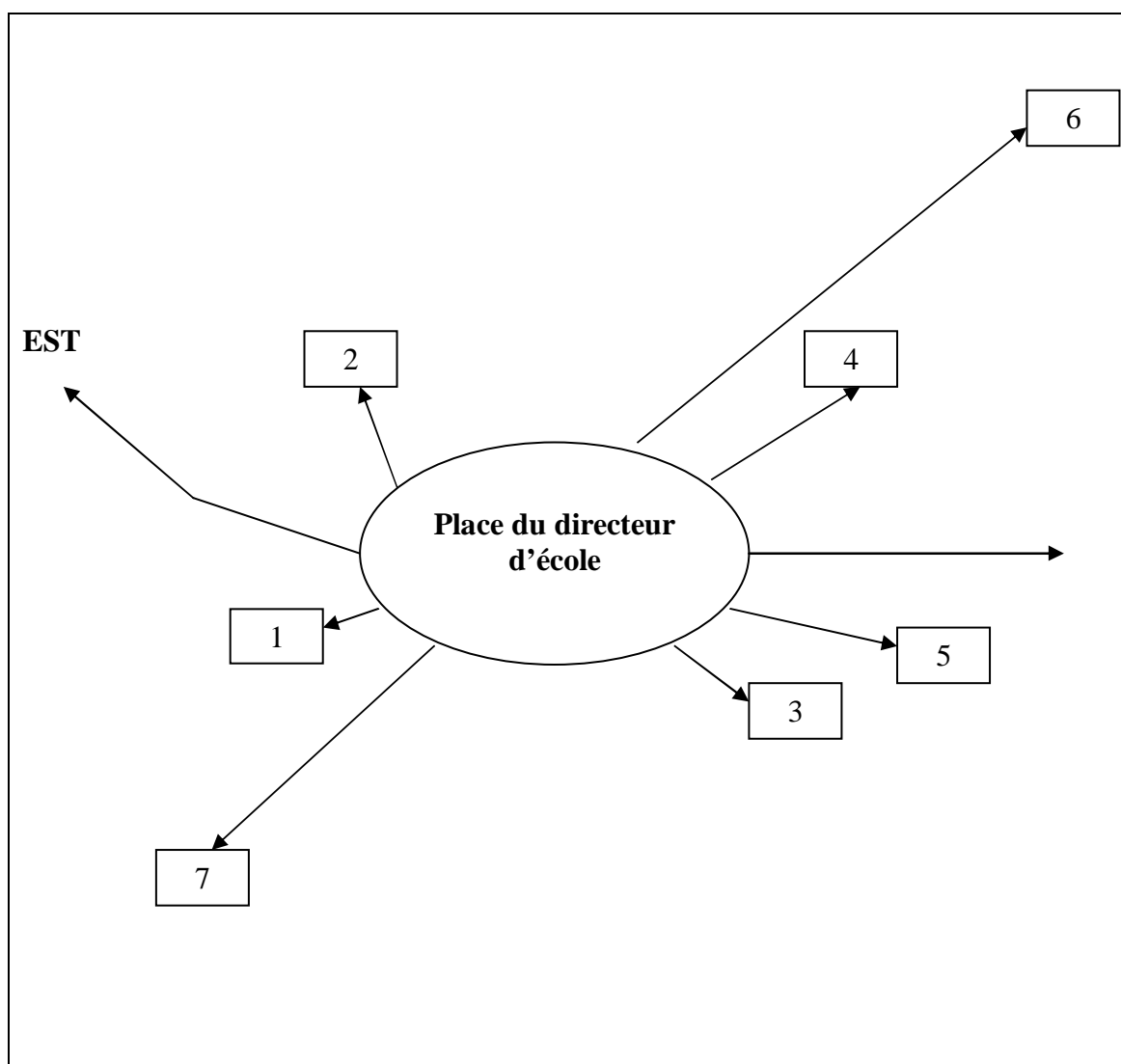


Figure A4 : Localisation des champs dont les sols ont été échantillonnés et liste des propriétaires à Dan Kullu

1. Avec engrais à environ 600 m du village
2. Avec engrais à environ 1 km du village
3. Avec engrais à environ 1.2 km du village
4. Avec engrais à environ 1.5 km du village
5. Sans engrais à environ 2 km du village
6. Jachère plus de 50 ans à environ 7 km du village
7. Aire de pâturage à environ 3.5 km du village



ANNEXE 3 : PROPRIETES CHIMIQUES ET PHYSIQUES DES SOLS

Tableau A1 : Propriétés chimiques et physiques des sols de Jiratawa

Propriétés chimiques										
	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Total	P assim (ppm)	Carb %	M.O %	N total %
		→ Meq/100g			←					
Jachère 50 ans	6,5	3,45	0,76	0,56	0,05	4,82	15,6	0,40	0,71	0,003
Aire pâturage	6,4	0,75	0,12	0,55	0,04	1,43	11,0	0,13	0,23	0,004
Sans engrais	5,6	1,4	0,39	0,18	0,02	1,99	3,6	0,16	0,28	0,006
Avec engrais	5,8	2,34	0,63	0,22	0,03	3,22	11,0	0,25	0,43	0,023

Propriétés physiques					
	Argile %	Limon %	S G %	S F %	Sable %
Jachère 50 ans	4,15	18,78	18,78	74,27	96,08
Aire pâturage	2,43	3,53	3,53	45,67	97,23
Sans engrais	2,58	8,27	8,27	66,31	95,55
Avec engrais	4,61	11,97	11,97	71,69	95,52

Tableau A2 : Propriétés chimiques et physiques des sols de Magami

Propriétés chimiques										
	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Total	P assim (ppm)	Carb %	M.O %	N total %
		→ Meq/100g			←					
Jachère 50 ans	5,1	1,08	0,19	0,56	0,02	1,85	3,4	0,20	0,34	0,005
Aire pâturage	5,5	1,23	0,19	0,23	0,03	1,68	3,3	0,17	0,29	0,004
Sans engrais	5,3	0,18	0,23	0,08	0,02	0,50	1,0	0,15	0,25	0,003
Avec engrais	5,3	1,16	0,28	0,33	0,03	1,80	1,9	0,21	0,37	0,004

Propriétés physiques					
	Argile %	Limon %	S G %	S F %	Sable %
Jachère 50 ans	2,67	5,76	49,26	41,29	96,31
Aire pâturage	1,72	4,73	37,93	54,75	97,41
Sans engrais	2,54	5,19	39,82	52,40	97,41
Avec engrais	2,28	2,48	37,92	57,41	97,81

Tableau A3 : Propriétés chimiques et physiques des sols de Sharken Hausa

Propriétés chimiques										
	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Total	P assim (ppm)	Carb %	M.O %	N total %
		Meq/100g								
Jachère 50 ans	5,6	0,82	0,22	0,17	0,02	1,23	4,2	0,15	0,25	0,006
Aire pâturage	5,7	0,98	0,33	0,11	0,02	1,45	5,8	0,20	0,34	0,007
Sans engrais	5,4	0,70	0,64	0,07	0,04	1,45	2,3	0,11	0,18	0,003
Avec engrais	5,8	1,02	0,38	0,14	0,02	1,56	3,6	0,17	0,31	0,005

Propriétés physiques					
	Argile %	Limon %	S G %	S F %	Sable %
Jachère 50 ans	0,58	4,30	41,64	52,24	98,18
Aire pâturage	1,01	4,42	28,16	64,91	97,49
Sans engrais	0,20	3,24	45,72	48,71	97,67
Avec engrais	0,59	4,06	42,50	50,49	97,46

Tableau A4 : Propriétés chimiques et physiques des sols de Dan Kullu

Propriétés chimiques										
	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Total	P assim (ppm)	Carb %	M.O %	N total %
		Meq/100g								
Jachère 50 ans	5,4	1,10	0,50	0,10	0,02	1,72	1,4	0,13	0,22	0,003
Aire pâturage	5,5	0,61	0,31	0,06	0,02	1,00	1,7	0,10	0,16	0,002
Sans engrais	5,7	0,19	0,21	0,06	0,02	0,48	0,6	0,08	0,14	0,002
Avec engrais	5,7	0,31	0,29	0,09	0,02	0,71	1,8	0,11	0,19	0,003

Propriétés physiques					
	Argile %	Limon %	S G %	S F %	Sable %
Jachère 50 ans	2,01	4,37	44,85	45,53	94,75
Aire pâturage	0,93	3,96	46,13	46,83	96,92
Sans engrais	0,97	2,61	51,44	42,57	96,62
Avec engrais	0,49	1,40	49,25	47,51	98,16

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAGAYOKO, M., MASON, S.C. et TRAORE, S. (1991) « The role of cowpea on pearl millet yield, N uptake and nutrient status in millet-cowpea rotation in Mali », in Renard G., Neef, A., Becker, K. and Von Oppen, M. (eds.) *Soil fertility management in West African land use systems: Proceedings of the regional workshop, 4-8 March 1997, Niamey, Niger* : 109-114. University of Hohenheim/ICRISAT/INRAN, Niamey.
- BATIONO, A. et P.L.G., VLEK (1997) « The role of nitrogen fertilisers applied to food crops in the Sudano-sahelian zone of West Africa », in Renard G., Neef, A., Becker, K. and Von Oppen, M. (eds.) *Soil fertility management in West African land use systems : Proceedings of the regional workshop, 4-8 March 1997, Niamey, Niger* : 41-51. University of Hohenheim/ICRISAT/ INRAN, Niamey.
- BERRADA, A., SIRIFI, S. et REDDY, K.C. (1989) « Choix des méthodes de préparation du sol pour la production du sorgho au Niger », in Berrada, A., Mahaman, I. et Gandah, M. (eds.) *Les actes du séminaire national sur l'aménagement des sols, la conservation de l'eau et la fertilisation, 20-24 Février 1989, Niamey, Niger* : 61–69. INRAN, Niamey.
- BOULET, R. (1964) *Etude pédologique du Niger central*. ORSTOM/Ministère de l'économie rural, Niamey.
- DEFOER, T., KANTE, S. et HILHORST, T. (1997) « A participatory action-research approach to integrated soil fertility management », in Renard G., A. Neef, K. Becker and M. von Oppen (eds.) *Soil fertility management in West African land use systems : Proceedings of the regional workshop, 4–8 March 1997, Niamey, Niger* : 511–517. University of Hohenheim, ICRISAT/SC/INRAN, Niamey.
- DIATTA S. et SIBAND, P. (1997) « Evolution des sols sous culture continue : Le cas des sols rouges ferrallitiques du sud du Sénégal », in Renard G., Neef, A., Becker, K. and Von Oppen, M. (eds.) *Soil fertility management in West African Land use systems: Proceedings of the regional workshop, 4–8 March 1997, Niamey, Niger* : 221–229. University of Hohenheim/ICRISAT/INRAN, Niamey.
- DOSSO, M., MICHEAU, P. et WANGO, O. (1996) « Diversité des sols et pratiques de gestions de leur fertilité, en zone sahélienne sableuse de Mayahi (Niger) », in Jouve, P. (ed.) *Actes du séminaire sur la gestion des terroirs et des ressources naturelles au Sahel*. CNEARC, Montpellier, France.
- FAO (1989) « Sustainable agricultural production : Implications for international agricultural research », *FAO Research and Technical Paper No. 4*. Technical Advisory Committee, CGIAR/FAO, Rome.
- GREENLAND, D.J. (1975) « Bringing the green revolution to the shifting cultivator », *Science*, 190 : 841–844.
- HARRIS, F. (1996) « Intensification of agriculture in semi-arid areas: Lessons from the Kano Close-settled Zone, Nigeria », *Gatekeeper Series*, no. SA59. International Institute for Environment and Development, London.
- JONES M. J. (1974) « Changes in soil properties resulting from fertiliser use and their effect on crop yields », Samaru Conference. Paper 2. Institute for Agricultural Research, Samaru Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.
- KLAIJ, M.C. et SERAFINI, P.G. (1989) « Option de gestion pour l'intensification des systèmes de production du mil sur les sols sableux au Sahel », in Berrada A., Mahaman, I. et Gandah, M. (eds.) *Les actes du séminaire national sur l'aménagement des sols, la conservation de l'eau et la fertilisation. 20–24 Février 1989, Niamey, Niger* : 41–45, INRAN, Niamey.

- MBUVI, J. (1991) 'Soil fertility', in Mortimore, M. (ed.) 'Environmental change and drylands management in Machakos District, Kenya 1939–90', *ODI Working Paper 53* : 44–50. Overseas Development Institute, London.
- MORTIMORE, M., ESSIET, E.U. and PATRICK, S. (1990) *The nature, rate and effective limits of intensification in the smallholder farming system of the Kano Close-settled Zone*. Federal Agricultural Coordinating Unit, Ibadan.
- MORTIMORE, M. (1993) « Land transformation under agricultural intensification in northern Nigeria », *Population change and land use in developing countries : Proceedings of a workshop, 5–6 December 1991* : 42–69. National Research Council, Washington, DC.
- NICOU, R. et C. CHARREAU (1985) « Soil tillage and water conservation in semi-arid West Africa », in Ohm, H.W. et Nagy, J.G. (eds.) *Appropriate technologies for farmers in semi-arid West Africa*. Purdue University, West Lafayette, Etats-Unis.
- PIERI, C. (1989) *Fertilité des terres de savanes : Bilan de trente ans de recherche et développement agricoles au sud du Sahara*. CIRAD, Ministère de la coopération et du développement, Niamey.
- PIERI, C. (1995) « Long-term soil management in semi-arid Francophone Africa », in Lal, R. et Stewart, B.A. (eds.) *Soil management : experimental basis for sustainability and environmental quality*. CRC Publishers, Boca Raton, Florida.
- RAYNAUT, C., KOECHLIN, J., BASSET, P., CHEUNG, C. et STIGLIANO, M. (1984) *Le développement rural de la Région de Maradi : Analyser et comprendre la diversité*. GRID, Université de Toulouse.
- RICHARDSON, H.L. (1968) « The use of fertilisers », in Moss, R.P. (eds) *The soil resources of tropical Africa : A symposium of the African Studies Association of the United Kingdom*. Cambridge.
- SCOONES, I. and TOULMIN, C. (1998) *Policies for soil fertility management in Africa*. IIED/IDS, United Kingdom.
- SEDOGO, M., LOMPO, F. et BOUBIE VINCENT BADO, M. (1989) « Gestion de la fertilité des sols en milieu aride », *Revue des résultats sur l'amélioration de la production agricole en milieu aride*, 1989, 1 : 199–207. CNRST/INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.
- SEDOGO, M., LOMPO, F. et BONZI, M. (1997) « Evaluation des systèmes de gestion de la fertilité des sols dans le Plateau Central du Burkina Faso ». Papier non publié, CNRST/INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.
- SMALING, E. (1993) « An agro-ecological framework for integrated nutrient management with special reference to Kenya », thèse PhD, Université Agricole, Wageningen, Les Pays-Bas.
- STOORVOGEL, J.J. et SMALING, E.M.A. (1990) *Assessment of soil depletion in Sub-Saharan Africa*. Winand Staring Center, Wageningen, Les Pays-Bas.
- STEWART, B.A. et ROBINSON, C.A. (1997) *Are agro-ecosystemes sustainable in semi-arid regions?* Dryland Agriculture Institute, West Texas A&M University, Canyon, Etats-Unis.
- VAN DER POL, F. (1992) « Soil mining : An unseen contributor to farm income in southern Mali », *Royal Tropical Institute Bulletin 325*. Royal Tropical Institute, Amsterdam.
- ZAKE, J.Y.K. (1993) « Overcoming soil constraints of crop production », in Ahenkorah, E., (ed.) *Sustaining soil productivity in intensive African agriculture* : 57–63. Seminar proceedings, Accra, Ghana.