

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE
SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE ET ECHNOLOGIQUE

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DES
RECHERCHES AGRICOLES

DEPARTEMENT DE RECHERCHE SUR LA
GESTION DES RESSOURCES NATURELLES
ET DES SYSTEMES DE PRODUCTION (GRN/SP)

**PROJET 83 RECHERCHE SUR DES TECHNOLOGIES DE LUTTE
CONTRE LA DESERTIFICATION AU SAHEL ET ETUDE DE LEUR
IMPACT AGRO ECOLOGIQUE**

RAPPORT FINAL

Equipe de Recherche

Dr HIEN Victor : Coordonnateur National, Chef Equipe Agro-Ecologie
BILGO Ablassé : Proposant principal
SANGARE Sheick: Agronome
KAMBIRE L. Faustin: Agronome
Dr KABORE P. Daniel: Chef Equipe Socio-Economie
Dr. LEPAGE Michel : Responsable Volet IRD
Dr. SOME Leopold : Chef Equipe Synthèse Bibliographie
TRAORE GUE/Julienne: Sociologie
SOME Bernadette : Géographe
TRAORE Karim : Agronome

Janvier 2004

***Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
(INERA)***

01 BP 7192 Ouagadougou

Tél. : (226) 34-02-70/34-71-12

Fax: (266) 34-02-71 Email: inera.direction@fasonet.bf

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, pays sahélien est soumis depuis plusieurs décennies à une forte dégradation de ses ressources naturelles, limitant ainsi le développement des productions agro-sylvo-pastorales (Pontanier *et al.*, 1995 ; Thiombiano, 2000). Le pays connaît des conditions climatiques précaires, une croissance démographique relativement élevée et une baisse continue de la fertilité des sols.

Le climat du pays est caractérisé par des sécheresses récurrentes et les moyennes pluviométriques annuelles connaissent une diminution globale. Ainsi, les moyennes inter annuelles de la zone soudano-sahélienne, supérieures à 700 mm avant 1966, n'ont été que de 424 mm sur la période 1982-1986 (Lamachère et Serpantié, 1992). Ces sécheresses répétées et l'inadaptation des pratiques d'exploitation des ressources naturelles ont eu pour conséquence une destruction du couvert végétal et une exposition des sols au vent et à la pluie.

L'extrême pauvreté du monde rural le rend toujours dépendant de ses ressources naturelles, et la satisfaction des besoins dans le court terme l'emporte sur les considérations du long terme. L'accroissement démographique couplé avec les mauvais résultats agricoles imposaient l'exploitation de superficies de plus en plus grandes pour maintenir le niveau de production en vue de la satisfaction des besoins alimentaires croissants.

Cet état de fait place les producteurs dans un cercle vicieux : la baisse de la fertilité des sols, elle-même étant la conséquence des pratiques culturales extensives et du faible niveau de technicité dans l'agriculture ; le faible niveau de technicité qui ne permet pas d'exploiter tout en préservant les capacités productives (fertilité du sol notamment) mais qui, à lui seul influence négativement le rendement des cultures à long terme ; les pratiques culturales extensives souvent dues au faible niveau de technicité sont consommatrices de ressources par unité de terre exploitée.

Cette situation est encore plus prononcée dans la partie sahélienne et soudano sahélienne du pays où on note une dégradation continue du couvert végétal et des ressources en terres conduisant à la formation de glacis dénudés et dégradés appelé « zipellé » (en langue locale moré), à des proportions inquiétantes. En effet, selon une évaluation de l'INERA (1994), environ 24% des terres arables du Burkina Faso sont fortement dégradées entraînant ainsi une réduction de la surface agricole utile par tête et une utilisation des terres marginales. Dans cette zone où la densité de population est forte et où la charge animale est importante (paradoxalement, l'élevage y est beaucoup développé), les terres cultivables se sont raréfiées de façon progressive (Marchal, 1982).

La désertification, ou état ultime de dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, par suite de facteurs tant anthropiques que climatiques, menace de ce fait les moyens d'existence de plus de 80% de la population.

Au Burkina Faso, la lutte contre la désertification a commencé depuis les années 1960 et des acteurs diversifiés se sont succédés pour tester ou recommander des techniques de lutte. De nombreuses études ont été menées sur les techniques de lutte contre la désertification (Marchal, 1983 ; Rochette, 1989 ; Dugué *et al.*, 1994 ; Roose, 1994 ; Kaboré, 1994 ; Reij *et al.*, 1996 ; Zougmoré *et al.*, 1999). Les conclusions de ces études montrent que les techniques ont un impact positif sur la récupération du sol et la régénération du couvert végétal mais ne portent ni spécifiquement sur le transfert des techniques de conservation des eaux et des sols ni sur d'autres activités importantes dans le processus de lutte contre la désertification comme la tenue et le fonctionnement de pépinières, l'adoption des fosses fumières, les aspects genre et le mode de

I – OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DU PROJET LCD 083

1. Les objectifs et la mise en place du projet LCD 083

1.1. Objectifs

La **Figure 1** résume les objectifs spécifiques du projet : (i) état des connaissances et analyse critique des recherches relatives aux techniques de LCD ; (ii) étude comparée des actions et démarches des structures dans leur lutte contre la désertification, notamment les conditions socio-économiques de leur mise en œuvre ; (iii) évaluation de l'impact agro-écologique des techniques et propositions d'amélioration.

1.2. Les équipes participantes

L'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) est le maître d'œuvre du projet. Il assure la coordination nationale et gère le partenariat avec les autres institutions de recherche ou de développement. Le département GRN/SP (Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production) est chargé de l'exécution du projet.

Les principaux partenaires du projet sont : (i) l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), qui intervient en fonction de ses propres acquis et de ses expériences en matière de LCD ; (ii) le programme PS/CES/AGF (Programme Spécial de Conservation des Eaux et des Sols et d'Agroforesterie), qui apporte sa collaboration en ce qui concerne les technologies de lutte contre la désertification dans la zone du projet ; (iii) le projet GCP/RAF/303 ITA (Forêt et Sécurité Alimentaire en Afrique Sahélienne), qui intervient dans la partie Nord du Burkina Faso ; (iv) le projet CESII (Recherche sur les techniques traditionnelles de Conservation des Eaux et des Sols) et le projet Jachère, qui ont produit de nombreuses synthèses sur les travaux conduits dans la sous-région.

1.3. La zone d'intervention du projet

Les activités du projet couvrent la moitié nord du Burkina Faso (**Figure 2**), soit les provinces du Sourou, Yatenga, Zoundoma, Passoré, Lorum, Soum, Namentenga, Bam, Sanmatenga, Oudalan, Gnagna et Yagha.

Cette zone, sous climat soudano-sahélien marqué par une longue saison sèche (7 à 8 mois), de fortes températures ($> 30^{\circ}\text{C}$ pendant une grande partie de l'année), se caractérise par un gradient d'aridité marqué (P/ETP de 0,20 à 0,50) allant du centre vers le nord et une pluviométrie annuelle irrégulière inférieure à 700 mm. Elle présente une désertification accentuée, qui a justifié un grand nombre d'interventions (ONGs, Projets, Etat) en matière de lutte contre la désertification.

Cette zone se caractérise en outre par une démographie croissante (2%) et une forte densité de population (38 habitants/km²), ce qui engendre une importante pression foncière, avec pour conséquence une diminution croissante des ressources en terres arables non dégradées. Cette situation menace les moyens de subsistance d'une population essentiellement agricole à plus de 90%. Il s'est donc avéré nécessaire de trouver et de promouvoir des technologies appropriées afin de réhabiliter les sols dégradés et lutter contre la désertification.

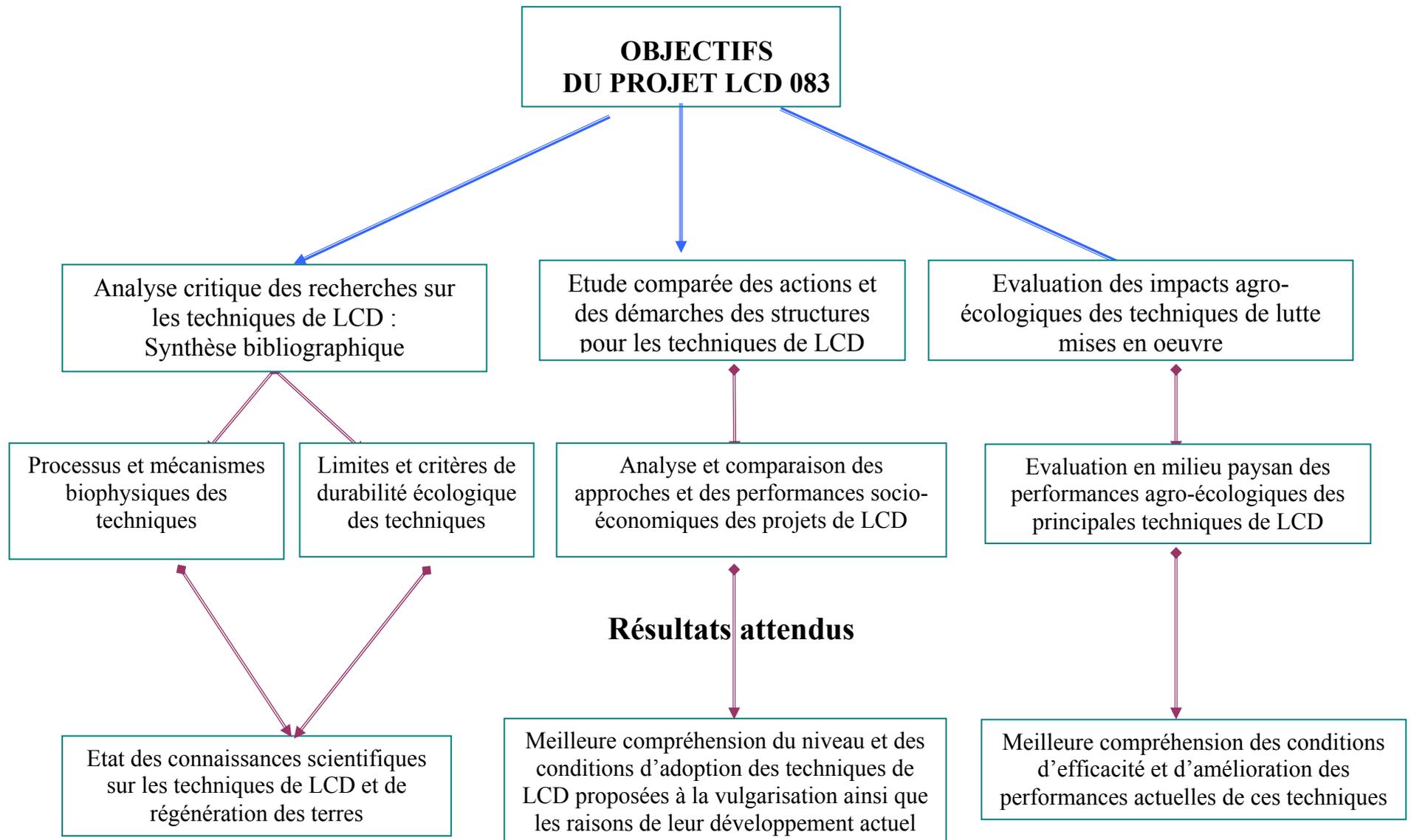


Figure 1: Objectifs et démarche utilisée pour la mise en oeuvre du projet LCD 083

Non Disponible

Figure 2 : Zone d'intervention du projet

2. Méthodologie

Trois principaux volets composent le projet : (1) une recherche bibliographique ; (2) une analyse des impacts socio-économiques ; (3) une évaluation agro-écologique. La présente présentation fait la synthèse des activités. Cette étude prend pour point de départ les actions de lutte contre la désertification réalisées par les organismes de développement ou de recherche.

2.1. Le volet synthèse bibliographique

La synthèse bibliographique offre l'opportunité de retracer l'histoire de la désertification, les différents intervenants, les techniques endogènes ou proposées, les résultats obtenus, ainsi que les limites des technologies étudiées.

Ses objectifs spécifiques sont de : (i) faire ressortir les processus et mécanismes biophysiques de l'ensemble des techniques de lutte contre la désertification et la dégradation des sols au Sahel ; (ii) créer un référentiel bibliographique sur l'ensemble des documents produits par les organismes publics, les structures de recherche ainsi que par les projets et ONGs intervenant au Burkina Faso ; (iii) retracer l'histoire et l'évolution des projets de développement rural ; (iv) effectuer une analyse critique des résultats.

- **Visite de bibliothèques**

Les documents produits par les projets de développement rural, les Organisations Non Gouvernementales et Gouvernementales et par les Institutions de recherche, relatifs à la lutte contre la désertification et la dégradation des sols dans la moitié nord du Burkina Faso, ont été collectés et analysés. Les recherches couvrent la période de 1960 à 2000. Plus de 15 bibliothèques ont ainsi été visitées (CNDA, PATECORE, CNRST-INERA, FEER, IRD, EIER-ETHSER, CILSS, IPD/AOS, Université de Ouagadougou, IDR, CESA, OUA/SAFGRAD, FNGN, etc.).

- **Sorties de terrain**

Des sorties ont été effectuées en vue de rechercher les documents produits par les Projets de développement rural et les organismes publics spécialisés existant dans les provinces du Yatenga, du Soum, du Passoré et du Séno. Des entretiens ont eu lieu avec certains responsables de services et projets dans les provinces ci-dessus citées (FNGN, PAE Sahel, PS-CES/AGF, DPA et DPEEF Ouahigouya, etc.).

- **Traitement des données**

Le logiciel Endnote 5 a été utilisé pour la saisie des références bibliographiques : 517 références, dont de nombreux travaux de la « littérature grise », ont été enregistrées comme base de données sur les recherches menées en matière de lutte contre la désertification et la dégradation des sols au Sahel du Burkina Faso. Un référentiel de mots-clés a été utilisé afin de pouvoir effectuer des statistiques à partir de cette base de référence.

2.2. Le volet socio-économique

Les objectifs spécifiques de ce volet sont : (i) faire l'analyse de la situation des interventions (des services étatiques, des projets, des ONGs, des groupements et associations paysannes) dans le domaine de la lutte contre la désertification, afin d'en dégager les motivations réelles, les approches développées, les acquis et les écueils relevés lors de l'exécution des projets et (ii) analyser les performances techniques et les exigences socio-économiques de quelques techniques vulgarisées. La méthodologie préconisée a consisté à effectuer :

- **Des rencontres et discussions** avec les responsables des services impliqués dans la lutte contre la désertification dans la zone couverte par l'étude : les directions de l'Agriculture, de l'Environnement, des Ressources Animales, les différents projets, les ONGs ou associations paysannes. Les motivations, approches, acquis, difficultés rencontrées et perspectives, ont été examinés ;
- **Des études MARP** (Méthode Accélérée de Recherche Participative), axées sur le thème de la lutte contre la désertification dans trois villages de la zone : Bougouré au Yatenga, You-Bougsaka au Lorum et Toyogdin au Namentenga ;
- **Des enquêtes** auprès de 12 paysans innovateurs et sur un échantillon de producteurs dans des villages sites, afin de mieux comprendre les conditions socio-économiques de leur succès.

2.3. Le volet impact agro-écologique des techniques de LCD

Les objectifs spécifiques sont d'évaluer l'impact des techniques : (i) sur l'évolution des propriétés physico-chimiques et biologiques des sols ; (ii) sur la dynamique de la végétation des terres dégradées ; (iii) sur la productivité agricole des terres de la zone d'étude.

La méthodologie a consisté, en milieu paysan, à évaluer les performances agro-écologiques de 6 technologies LCD nouvellement ou anciennement introduites par les projets. Il s'agit : du zaï agricole, du zaï forestier, du tapis herbacé, de la demi-lune, du décompactage à l'aide des charrues Tréno et Delphino.

Les méthodes utilisées sont les suivantes :

- **inventaires de la végétation herbacée et ligneuse sur les espaces aménagés** (méthodes des points contact et relevé des espèces de parcourt pour la végétation herbacée, inventaires systématiques pied par pied pour les ligneux) ;
- **analyses au laboratoire de la composition chimiques d'échantillons de sols prélevés sur les sites** (taux de C et N totaux, P et K, pH) ;
- **mesures de rendement des cultures** : rendements grains et pailles.

L'essentiel des données a été collectée suite aux travaux de mémoires effectués dans le cadre du projet et sont complétés par des essais concernant les aspects non pris en compte par ces différents mémoires.

II - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Baisse de la fertilité des sols et dégradation des ressources naturelles

La pression démographique accrue dans les pays du Sahel, et particulièrement au Burkina Faso, confrontée à des sécheresses récurrentes, ont entraîné une crise environnementale. Un véritable cercle vicieux s'est mis en place : la baisse de la fertilité des sols, elle-même conséquence des pratiques culturales extensives et du faible niveau de technicité de l'agriculture, a entraîné une consommation excessive des ressources et leur dégradation, en l'absence de mesures de préservation ou de restauration du capital sol. La Figure 3 analyse les causes de la baisse des rendements et la dégradation des ressources naturelles.

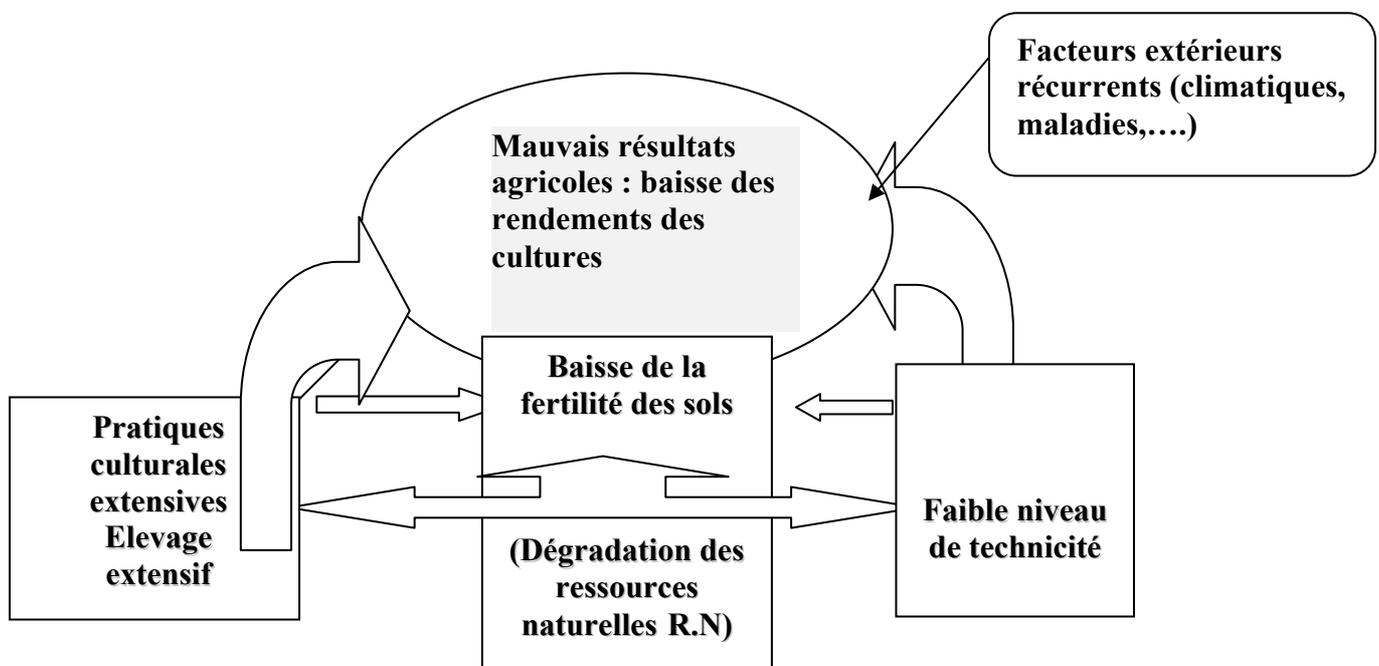


Figure 3 : Baisse des rendements agricoles et de la fertilité des sols

Les travaux réalisés par de nombreux auteurs montrent que la désertification en général et la dégradation des sols en particulier, dans les zones soudano-sahélienne et sahélienne du Burkina Faso, est une réalité. Les processus qui conduisent à la dégradation des végétations et des sols au Sahel sont largement documentés (Roose, 1981 ; Penning de Vries et Djitéye, 1982 ; Marchal, 1983 ; Hoogmoed et Stroosnijder, 1984 ; Casenave et Valentin, 1989 ; Kessler et Boni, 1991 ; Kessler et Geerling, 1994 ; Thielen, 1994 ; Thiombiano, 2000). Ces travaux font ressortir plus ou moins clairement le rôle primordial de la végétation dans la stabilité des écosystèmes agro-sylvo-pastoraux, et la réduction de la couverture végétale qui est à la base des processus de dégradation. Due à la péjoration du climat (réduction des précipitations totales) et/ou à l'action de l'homme (défrichement, surpâturage, culture continue), la diminution de la couverture biologique du sol expose celui-ci aux agents de dégradation constitués par l'intensité des pluies, le ruissellement et les vents. Cette réduction du couvert végétal réduit également la capacité de renouvellement de la matière organique, ce qui signifie la baisse permanente de la fertilité des sols.

L'analyse des mots-clés à partir de la liste des références bibliographiques recueillies est résumée sur le **Tableau 1**. Les causes de la désertification sont d'ordre climatique (sécheresse, intensité pluviométrique, forte évapotranspiration, ...) ; pédologique (nature des sols, pauvreté des sols) et anthropique (pression humaine et animale, défrichement anarchique, inadaptation des techniques culturelles, etc.).

Tableau 1 : Total des mots-clés par facteur identifié lié à la désertification

Facteurs environnementaux	Références	Facteurs humains	Références
Dégradation du climat	39	Baisse de la fertilité	110
Dégradation des sols	123	Dynamique de la végétation	28
Dégradation de la végétation	42	Pression démographique	13
Erosion	136	Pression foncière	9
Ruissellement	106	Surpâturage	13
Sécheresse	76	Défrichements	14
Rôle du vent	27	Feux	11
Désertification	78		
Etats de surface	28		

Le terme de dégradation est employé dans 151 travaux (près de 30% du total des références), qu'il s'agisse majoritairement de la dégradation des sols (123 références), de la dégradation des conditions climatiques (la sécheresse est citée dans 76 travaux) ou de celle de la végétation. Le facteur principal qui rend compte de cette dégradation est l'érosion (136 citations), qui s'accompagne de l'accroissement du ruissellement (106 citations). Le rôle des états de surface ainsi que le rôle du vent sont également mis en évidence.

Pour ce qui concerne les facteurs humains, causes et/ou résultantes de cette péjoration des facteurs environnementaux, la baisse de la fertilité apparaît comme le facteur principal (cité 110 fois) qui conditionne les autres facteurs qui sont aussi cités, tels que le surpâturage, les feux, la pression foncière ou la dynamique de la végétation. Les défrichements anarchiques sont également cités.

- ***Causes anthropiques de la dégradation des sols***

L'accroissement de la pression démographique dans les zones arides entraîne des modifications profondes des modes de gestion et d'utilisation des ressources naturelles et de

l'espace rural (Roose, 1994). Ces perturbations anthropiques (coupe abusive du bois, mauvaise gestion des parcours et pratique des feux de brousse) induisent la raréfaction de la végétation, la dégradation des sols par l'érosion hydrique et éolienne et la détérioration du régime hydrique des sols. Selon la FAO (1996), les populations dépendent largement de l'exploitation des ressources naturelles, du fait du manque d'alternatives, ce qui est étroitement lié aux mauvaises conditions économiques. La forte croissance démographique (3%/an) et l'accroissement du bétail après les années de sécheresse, font que la pression sur les ressources naturelles, notamment les ressources en terres et en bois, devient de plus en plus importante. L'introduction des cultures de rente (coton, arachide), puis de la traction animale, a permis l'extension des surfaces cultivées.

Afin de satisfaire des besoins de plus en plus importants en bois (cuisine, chauffe) ou artisanal et industriel, les coupes d'arbres et d'arbustes et les ébranchages mutilants se font à un rythme trop élevé pour que se reconstituent les réserves. Cela entraîne en définitive la disparition progressive du couvert arboré qui laisse place à des savanes ou steppes sahéliennes arides et à un sol plus exposé à l'érosion tant hydrique qu'éolienne.

Les sols auparavant mis en jachère pour retrouver leurs qualités (structure, fertilité), sont désormais cultivés chaque année, le plus souvent sans rotation des cultures. Cette surexploitation entraîne un appauvrissement rarement compensé par l'apport d'éléments fertilisants. Il en résulte une extension des superficies cultivées à des terres marginales qui ne peuvent fournir que de faibles rendements (Roose, 1994). Ainsi, l'extension des terres cultivées est actuellement l'un des facteurs le plus importants de la dégradation des terroirs (Vlaar, 1992).

Boutrais (1996) et Toutain (1979) s'accordent à dire que l'élevage pastoral est une activité dégradante de la végétation et participe à la désertification. Lorsque la capacité de charge des pâturages est dépassée, les troupeaux provoquent la compaction des zones et la réduction du couvert herbacé par piétinement et surpâturage.

Les feux de brousse intempestifs peuvent avoir des effets érosifs importants. En effet, après le passage du feu, la couverture du sol n'est plus assurée ; le sol est donc soumis à la battance des gouttes de pluies. Outre la dénudation, l'échauffement et la perte de matières organiques dégradent la structure du sol.

- ***Péjoration climatique et intensité des pluies***

La période 1982-1984 semble être la plus sèche enregistrée depuis 1920 : les moyennes pluviométriques interannuelles supérieures à 700 mm dans la zone soudano-sahélienne avant 1966 sont égales à 424 mm sur la période 1982-1986 (Lamachère et Serpantié, 1992). Les années 1968-1986 et 1980-1985 correspondent à de grandes périodes de sécheresse pour l'ensemble du pays. Il ne s'agit pas cependant d'une sahélistation du climat car la durée de la saison des pluies reste plus longue que celle constatée en milieu sahélien typique à pluviosité égale.

La pluviosité de la zone soudano-sahélienne est caractérisée non seulement par une irrégularité des quantités tombées, mais aussi par une mauvaise répartition dans l'espace et dans le temps. Cela conduit à des sécheresses récurrentes et à des productions agricoles aléatoires. Malgré leur durée particulièrement brève et leur quantité faible, ces pluies sont à fortes intensités ou développent une énergie cinétique suffisante pour causer des dommages. L'intensité des pluies est le principal facteur du phénomène de ruissellement, entraînant une dégradation rapide de la structure des sols en surface (Nicou *et al.*, 1990 ; Guillobez et

Zougmoré, 1991). Elle intervient à deux niveaux : la saturation momentanée de la porosité du sol, et l'énergie cinétique que la pluie dissipe en détruisant la structure du sol (battance).

Les fortes intensités entraînent la conjonction des phénomènes d'engorgement et de battance qui aboutissent à la formation des croûtes (quelques cm) ou de pellicules (quelques mm) très peu perméables. La formation des croûtes ou organisations pelliculaires superficielles, entraîne une réduction de l'infiltrabilité, accroît les risques de ruissellement et d'érosion (Casenave et Valentin, 1989). Il en résulte une diminution de la perméabilité et des stocks d'eau des sols. On assiste en général à une baisse de la fertilité physique et chimique des sols. A cet effet, peuvent se conjuguer les hautes températures qui caractérisent la zone.

- ***Températures et vents***

La zone soudano-sahélienne est caractérisée par un régime thermique élevé, dont les probabilités de dépasser 25 à 30°C dans n'importe quel mois sont presque de 100% (Vlaar, 1992). Les températures, faibles entre novembre et février, croissent graduellement jusqu'à mai-juin où elles atteignent leur maximum. Elles restent importantes pendant la saison des pluies et peuvent ainsi empêcher la germination et réduire l'efficacité des pluies par l'augmentation de l'évaporation et de l'humidité relative. Les fortes températures activent également l'activité microbienne et favorisent ainsi la dégradation de la matière organique, réduisant les chances de son accumulation au bénéfice de la fertilité du sol.

En ce qui concerne le vent, son action est principalement néfaste pendant la saison sèche (harmattan) et lors des grands vents qui précèdent les pluies du début de la saison des pluies, lorsque le sol est particulièrement nu. Ils constituent l'un des facteurs déterminants des états de surface par l'érosion éolienne en zone aride et semi-aride particulièrement (Thiombiano, 2000). Les températures élevées et la vitesse importante du vent ont pour conséquence une intense évaporation qui se traduit par une réduction des stocks d'eau dans le sol.

- ***Baisse de la fertilité des sols***

La baisse de la fertilité des sols comme indicateur de dégradation des sols est largement évoquée dans cette partie du pays. En effet, les sols ferrugineux tropicaux sont caractérisés par une mauvaise stabilité structurale des horizons superficiels liée à leur richesse en limons et sables fins et à leur faible teneur en matière organique. On note à ce propos que les sols tropicaux ferrugineux ont des taux de matières organiques, inférieurs à 3% sous végétation, qui diminuent très vite sous cultures, où l'on rencontre des taux de 0,7% (Pieri, 1989). La baisse des taux de matière organique entraîne, sous l'influence de la forte énergie cinétique des pluies et du développement réduit de la végétation, une formation de croûtes qui limitent l'infiltration (Casenave et Valentin, 1989). La dégradation physique des sols regroupe trois phénomènes : l'encroûtement, la dislocation structurale et le compactage (Hien, 1995).

La dégradation chimique des sols est le résultat de l'appauvrissement des sols en éléments nutritifs, suite à l'exploitation sans apport de fertilisants ou d'amendements organiques, source des éléments minéraux. L'appauvrissement chimique des sols dans la zone soudano-sahélienne est généralement plus rapide en ce qui concerne les éléments majeurs (N et P), en raison du caractère extensif des systèmes de production eux-mêmes (Hien, 1995), ce qui explique la baisse de la production après quelques années d'exploitation (Pieri, 1989). Dans notre zone d'étude, l'azote et le phosphore sont les deux principaux facteurs limitants de la production, tandis que le faible taux de matières organiques est à l'origine de la mauvaise structure et du faible taux de rétention d'eau (Kessler et Geerling, 1994). Cependant, l'utilisation massive d'engrais minéraux dans leurs formules actuelles peut entraîner aussi un appauvrissement des sols en bases (acidification), et en matière organique, qui se traduit

particulièrement par une déficience en potassium et une toxicité en aluminium (Sedogo, 1993).

- ***Erosion, ruissellement et infiltration***

L'érosion des sols est largement étudiée dans la zone de notre étude. Les premières études réalisées par une quarantaine de chercheurs de l'ORSTOM (IRD) ont concerné les processus, les facteurs, l'extension spatiale de la dégradation des sols en Afrique. Elles s'orientent de plus en plus vers la recherche de solutions aux problèmes de développement rural, à l'alimentation en eau de qualité, aux liens entre l'érosion et la pollution de l'environnement, à la prise en compte du milieu humain.

Ainsi, l'érosion hydrique naît des suites de la diminution du recouvrement du sol par les végétaux. Elle entraîne des pertes plus ou moins importantes de sol et d'éléments nutritifs qui vont se concentrer dans les bas-fonds ou dans les zones non dégradées. De ce point de vue, on estime que l'érosion est un des facteurs qui contribuent à la formation des hétérogénéités au Sahel (Thiombiano, 2000). Dans le plateau central burkinabé (région de Saria), et à titre indicatif, les pertes de terre dues à l'érosion hydrique étaient estimées à 0,51 t/ha sous végétation naturelle contre 7,3 t/ha sous une culture de sorgho (Roose, 1981). Sur des sols nus, l'érosion peut entraîner des pertes annuelles supérieures à 25 t / ha. L'érosion éolienne est moins importante dans la zone soudano-sahélienne, mais lorsqu'il a une emprise sur le sol, le vent provoque la perte des éléments fins dont les matières organiques.

Il reste cependant de nombreux domaines peu explorés par les scientifiques, citons à ce propos : le coût et les conséquences de l'érosion ; la gestion des adventices et autres litières protectrices ; les processus de ruissellement et d'érosion sur fortes pentes ; la gestion des eaux excédentaires à l'échelle du versant ; les indicateurs de risque d'érosion en nappe, en rigole, en ravine et en masse ; l'érosion mécanique sèche causée par la poussée des outils de culture.

2. Conservation des eaux et des sols et lutte anti-érosive

De nombreux auteurs ont évoqué les stratégies de lutte contre l'érosion (Mietton, 1981 ; Mietton, 1986 ; Gascon, 1987 ; Faho, 1988 ; Grouzis, 1983 ; Marchal, 1986 ; Reij *et al.*, 1996 ; Rochette et Monimart, 1993 ; Roose, 1987 ; Roose, 1989 ; Roose, 1994 ; Roose *et al.*, 1992). Selon ces auteurs, les stratégies de lutte contre l'érosion ont évolué à partir des stratégies traditionnelles, dont l'efficacité est liée aux contextes social et économique, vers le concept de Gestion Conservatoire de l'Eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Cette dernière repose sur une stratégie participative de développement rural et de gestion de terroir. Le principe est simple : pour que l'action d'aménagement soit durable, la participation paysanne est indispensable et il faut donc résoudre d'abord les problèmes majeurs liés à la valorisation de la terre et du travail. Cette nouvelle démarche entraîne un changement des mentalités et demande du temps. On distingue trois étapes : (1) sensibilisation, dialogue et enquête rapide sur les problèmes, afin de préciser la perception paysanne de la situation, le développement des dégâts au cours des saisons, les facteurs actifs et les stratégies traditionnelles de gestion de l'eau et de la fertilité des sols ; (2) démonstration et expérimentation chez les paysans volontaires des diverses techniques proposées pour qualifier la gravité des risques, la faisabilité des techniques, leur efficacité et leur coût ; (3) évaluation par la communauté (villageoise + chercheurs + développeurs) et planification à l'échelle du terroir, voire d'une région et d'un bassin versant. Cette approche fait l'objet de recherche d'accompagnement et a déjà donné des résultats satisfaisants (Roose *et al.*, 1993). Signalons en particulier les recherches sur un nouveau mode de gestion des eaux sur les versants, où il s'agit, non pas de canaliser le ruissellement vers les exutoires aménagés (qui se transforment

immanquablement en ravine), mais de réduire la concentration des eaux en étalant le ruissellement et en ralentissant la vitesse d'écoulement par augmentation de la rugosité du sol selon des micro-barrages perméables tels que les cordons pierreux au Burkina Faso (Lamachère et Serpantié, 1991). Cette stratégie convient particulièrement aux zones majoritairement cultivées sous un statut foncier bien fixé. Par contre son application est beaucoup plus délicate dans les régions soumises à des usages collectifs, forêts ou parcours, ou qui sont occupées en partie par des paysans sans terre. Par ailleurs, la GCES se heurte aux problèmes habituels de développement endogène si l'Etat ne remplit que son rôle d'organisateur pour une série de besoins tels que : la sécurité foncière, les infrastructures de communication, etc.

2.1. Les techniques de lutte contre la désertification au Burkina Faso

Le **Tableau 2** indique le total des mots-clés analysés relatifs aux techniques de lutte contre la désertification et de la dégradation des sols dans la moitié nord du Burkina Faso, cités dans les travaux recueillis dans la base de données.

Tableau 2 : Nombre de mots-clés selon les techniques de lutte contre la désertification

Techniques mécaniques	Réfs.	Techniques culturales	Réfs.	Techniques biologiques	Réfs.
Zaï	70	Compost	43	Jachère	48
Cordons pierreux	74	Fumure organique	91	Mise en défens	20
Diguette	44	Engrais minéraux	28	Paillage	59
Digue filtrante	13	Labour	52	Végétalisation	15
Demi-lune	21	Billonnage/Buttage	25	Bandes enherbées	18
Traitement de ravines	14	Scarifiage	12	Tapis herbacé	5
Fossés	6	Grattage	8	Plantations	33
Fixation des dunes	2	Sous-solage	13	Brise-vent/haie vive	27

La technique du zaï (70 citations) et celle des cordons pierreux (74 citations), qui sont d'ailleurs associées sur le terrain, sont les plus citées. Ensuite, les références concernent les diguettes et digues filtrantes, la demi-lune, le traitement des ravines et la mise en place de fossés (de garde et/ou d'infiltration). La fixation des dunes est très peu citée et ne concerne que la zone septentrionale du projet. Toutes ces techniques peuvent être qualifiées de « mécaniques », c'est-à-dire mobilisant une main d'œuvre importante destinée à gérer les flux hydriques.

D'autres techniques sont qualifiées de « culturales », et concernent principalement la gestion de la matière organique des sols : apport sous forme de compost (43 citations), de fumure organique (91 citations) ou d'engrais minéraux (28 références). Le mot-clé « labour » est également largement cité dans les travaux ainsi que les autres techniques de travail de la terre, dans une moindre mesure.

Une dernière catégorie de techniques, « biologiques » consiste à gérer la végétation des zones à réhabiliter, que ce soit en laissant les parcelles en jachère (48 citations), en les protégeant par une mise en défens (20 références). Le paillage, largement cité (59 références) est compris dans ce groupe car il est souvent utilisé ponctuellement pour revégétaliser des zones dénudées. La végétation herbacée est manipulée (bandes enherbées : 18 citations) ainsi que la végétation ligneuse (plantations et reboisements collectifs, villageois ou individuels: 33 citations). La végétation ligneuse est également utilisée pour diminuer le rôle néfaste du vent

(27 références). L'utilisation du tapis herbacé est encore peu répandue (5 références seulement).

Ces techniques de gestion des sols telles que vulgarisées dans la moitié nord du Burkina Faso se regroupent principalement selon quatre volets : (1) les techniques de conservation des eaux et des sols (CES) qui comprennent les actions mécaniques (cordons pierreux, les demi-lunes, les digues, les diguettes, le traitement de ravine) et les actions biologiques (paillage) ; (2) les techniques culturales (sous-solage, scarifiage, labour à plat, buttage, billonnage) ; (3) les techniques agroforestières (végétalisation, reboisement, bandes enherbées, tapis herbacé, haies vives, brise-vent, régénération naturelle assistée) ; (4) l'intensification agricole (production de composts, fumier, engrais minéraux).

2.2. Description, mise en place et contraintes des principales techniques de LCD

2.2.1. Description des techniques utilisées

Ce volet présente les techniques de lutte contre la désertification et la dégradation des sols pratiquées par les paysans dans notre zone d'étude et qui ont fait l'objet de publications scientifiques. Il s'intéresse aux aspects techniques de la conservation des eaux et des sols ainsi qu'à leurs contraintes. Les aspects plus spécifiquement socio-économiques de ces techniques, leur perception par le paysan ainsi que leur coût seront abordés dans le volet socio-économique.

▪ Fossés anti-érosifs du GERES

Deux types de fossés ont été réalisés : (1) les fossés de diversion sur les hauts de pente ; (2) les fossés d'infiltration sur le bas versant, perpendiculaires à la pente. Les fossés étaient creusés pour canaliser l'eau de ruissellement vers les exutoires naturels barrés de cordons de retenue. Ils devaient permettre de résorber l'érosion en ravines. Tandis que les fossés d'infiltration devaient permettre à la végétation comprise entre deux fossés de bénéficier d'une bonne alimentation hydrique.

▪ Zaï

Le zaï signifie en moré « se lever tôt et se hâter pour préparer sa terre » ou encore « casser et émietter la croûte du sol avant les semis » (Kaboré, 1994). C'est une technique traditionnelle réhabilitée au Yatenga (nord du Burkina Faso) entre 1982 et 1984, à la suite d'années de sécheresse. De nos jours très répandu dans la zone soudano-sahélienne, le zaï a fait l'objet de nombreux travaux de recherche et d'études d'impact (Roose *et al.*, 1993 ; Kaboré, 1994 ; Zougmore, 1995 ; Reij *et al.*, 1996 ; Maatman *et al.*, 1998 ; Ambouta *et al.*, 1999 ; Zombré *et al.*, 1999 ; Zougmore *et al.*, 1999). C'est une technique de récupération des terrains encroûtés qui consiste à creuser des trous de 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur afin de recueillir les eaux de ruissellement et de les laisser s'infiltrer. Le déblai est déposé en croissant vers l'aval pour capter les eaux de ruissellement. La matière organique y est ensuite apportée en quantité variable selon les paysans (une poignée, soit environ 600 g/trou) (Zougmore *et al.*, 1993) sous forme de fumier ou de compost, avant la période de semis.

Les avantages du zaï sont principalement : la capture des eaux de ruissellement et de pluie, la préservation des semences et de la matière organique, la concentration de la fertilité et des eaux disponibles au début de la saison des pluies et partant, une augmentation de la production agricole. L'augmentation de la rugosité de la surface du sol permet de ralentir le ruissellement et le vent au ras du sol, de capter au fond des cuvettes les débris organiques et

les particules fines transportées en suspension et de protéger les jeunes plantules. Les travaux réalisés sur le zaï ont principalement concerné l'impact de cette technique sur la production agricole, sur les caractéristiques physico-chimiques des sols dégradés et sur la révégétalisation.

Les résultats du suivi de l'humidité des sols collectés par Zougmoré (1995) dans le Passoré, indiquent une humidité plus importante dans les poquets de zaï que dans les espaces inter-cuvettes. L'apport de matière organique dans les cuvettes entraîne un regain des activités biologiques du sol : croissance des plantules qui profitent de la minéralisation de la fumure organique apportée, perforation de la croûte par les termites, et partant, une amélioration de la structure du sol (Mando, 1997).

L'impact du zaï sur la production a fait l'objet de nombreux travaux de recherche au Burkina Faso. Roose *et al.*, (1993) ont montré que le zaï permet d'accroître sensiblement les rendements : 0,2 t/ha/an de grain de céréales sur la parcelle témoin contre 1 à 1,7 t/ha/an sur la parcelle aménagée en zaï. Une étude de Roose *et al.*, (1995) a même montré que la seule technique des poquets (sans aucun apport minéral ou organique) permettait, dès la première année, de doubler les rendements en grains par rapport au témoin (semis selon la méthode traditionnelle à la daba). Toutefois, l'addition dans la cuvette de compost ou du fumier permettait d'obtenir un rendement plus significatif (800 kg/ha) ; l'adjonction au compost d'engrais minéraux ou leur apport seul entraînent de meilleures productions. Pendant deux années d'expérimentation, Kaboré (1994) a aussi montré que l'apport d'engrais (azote, phosphore, potassium) dosé à 80 kg/ha ou son association au compost permet d'obtenir un rendement de 900 kg/ha de sorgho sur un *zipellé* de type gravillonnaire contre 690 kg/ha avec le compost uniquement. Des résultats similaires sont obtenus par Zougmoré (1995) à Nioniogo.

L'aménagement des *zipellé* par la technique zaï entraîne également la réapparition de la végétation. Kaboré (1994), a ainsi constaté, sur un *zipellé* en récupération, dès la deuxième année de culture, l'apparition d'une vingtaine d'espèces herbacées. Cela est dû au transport des graines, soit par le vent, soit par le ruissellement, et piégées dans les cuvettes du zaï.

Cependant, l'impact du zaï est fonction des régions et du type de sol. Selon Roose *et al.*, (1992), il permet de réduire l'impact d'une sécheresse durant 2 à 3 semaines si la capacité de stockage en eau du sol atteint 50 mm minimum. Selon ces mêmes auteurs, le zaï ne peut pas résoudre les problèmes en zone saharienne où les pluies sont trop peu fréquentes, ni en zone très humide comme la zone sud-soudanienne où les céréales semées en poquets souffrent d'engorgement ou de lixiviation des bases. Les conditions optimales pour le succès du zaï se rencontrent dans la zone soudano-sahélienne (300 à 800 mm). Aussi, le zaï n'est efficace que lorsque le sol est très pauvre. Dans le cas contraire, le bénéfice attendu n'est pas suffisant (Maatman *et al.*, 1998). Le gros inconvénient de cette technique reste cependant la difficulté de creuser les poquets. C'est une technique à haute intensité de travail, qui peut poser des problèmes aux familles disposant de peu de bras valides. L'autre inconvénient majeur est l'installation de diguettes en association avec le zaï qui représente également une lourde tâche. L'expansion du zaï peut être aussi limitée par la disponibilité du fumier ou du compost.

Très peu de recherches ont été menées sur la rentabilité économique de la pratique du zaï. La seule étude que nous ayons consultée sur le sujet est celle de Kaboré (2001), réalisée dans le village de Donsin. Les résultats obtenus indiquent que la rentabilité relative du zaï est associée à un niveau de prix de la culture plus élevé que dans le cas du paillage. Ceci traduit en filigrane les coûts élevés induits par la pratique du zaï, notamment son exigence en main d'œuvre. Ces études révèlent également que la combinaison zaï/paillage n'est pas rentable.

Il convient donc de mener des recherches pour obtenir les meilleures techniques de creusage des trous de zaï, afin de permettre aux producteurs d'accroître les superficies récupérées en zaï. Les travaux sur le machinisme agricole devront se poursuivre en vue de proposer des outils plus appropriés, susceptibles de soulager la pénibilité de la confection du zaï.

- ***Demi-lunes***

La demi-lune est une cuvette en forme de demi-cercle, ouverte à la pioche. La terre de déblais est disposée en un bourrelet semi-circulaire au sommet aplati comme une banquette de terre. Les demi-lunes sont disposées en courbe de niveau, en quinconce et recueillent le ruissellement de l'eau qui s'infiltré. Elles sont réalisées sur des glacis recouverts d'une croûte dure de quelques cm, qui empêche l'eau de s'infiltrer. Les cuvettes, de dimensions 4 m de diamètre et de 15 à 25 cm de profondeur, sont décalées d'une ligne à l'autre de sorte que chaque demi-lune ait un impluvium utile de 4 m². L'écartement est de 4 m entre deux demi-lunes sur la ligne et entre deux lignes successives ; la densité moyenne à l'hectare est évaluée à 315 demi-lunes (Mando *et al.*, 2002). Elles permettent de collecter les eaux de ruissellement et sont ainsi bien adaptées aux zones semi-arides et arides. Les demi-lunes permettent une amélioration des réserves hydriques du sol ainsi qu'une augmentation de la profondeur d'humectation de 20 à 40 cm. Elles accroissent la production agricole et cela d'autant qu'on y ajoute un complément minéral ou organique.

La demi-lune est aussi utilisée pour la récupération des sols dégradés au Burkina Faso (Projet FAO / Forêt et Sécurité Alimentaire). L'impact de ces demi-lunes réalisées à l'aide de la charrue DELPHINO par ce projet au nord du pays (Djibo), a été analysé par Sangaré (2002). Il en résulte une croissance d'espèces ligneuses et herbacées, consécutive au piégeage par les demi-lunes des semences transportées soit par le vent, soit par les eaux de ruissellement. Toutefois, l'impact de ces aménagements sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol reste à élucider.

Tout comme le zaï, l'expansion de l'application des demi-lunes est freinée par la disponibilité limitée du fumier ou du compost, la rudesse du travail d'ouverture des cuvettes de demi-lune et souvent par le manque de main-d'œuvre et de sécurité foncière.

- ***Diguettes anti-érosives***

Il s'agit de mesures physiques de conservation des eaux et des sols tels que les cordons pierreux et les diguettes en terre.

Les diguettes en terre sont des ouvrages imperméables, qui retiennent toute l'eau et favorisent son infiltration maximale. Compte tenu de leur moindre efficacité, les diguettes en terre ne sont utilisées que lorsque les conditions ne permettent pas de réaliser les ouvrages en pierres (absence ou éloignement de carrières de pierres, problèmes de transport de cailloux, etc.). L'installation consiste à confectionner un bourrelet de terre dont la base mesure 80 cm à 1 m et dont la hauteur moyenne est de 30 à 50 cm (Ky-Dembélé *et al.*, 1995) ; et à aménager des passages d'eau (2 m de large) avec des pierres ou des herbacées pour évacuer le trop plein et éviter les brèches et les inondations en amont. Pour des raisons d'entretien permanent, les diguettes en terre sont progressivement abandonnées par les projets de développement rural.

Les cordons pierreux, à la différence des diguettes en terre qui bloquent la lame d'eau ruisselée, sont des obstacles filtrants qui ralentissent la vitesse de ruissellement. Ils permettent la sédimentation des particules (sables, mais aussi terre fine, matière organique) à l'amont de la diguette, une augmentation de l'infiltration des eaux ruisselantes (Hien, 1995 ; Serpantié et Lamachère, 1998) dans les conditions soudano-sahéliennes. On distingue trois types de diguettes en pierres : (i) le système de pierres alignées, (ii) le système FEER ou système trois pierres et (iii) le système PDS (Pierres Dressées associées au Sous-solage).

- Le système de pierres alignées consiste à ouvrir un sillon d'ancrage et à déposer la terre en amont selon les dimensions suivantes : 10 à 15 cm de largeur et 10 à 15 cm de profondeur. Les pierres sont ensuite disposées dans le sillon en une seule ligne et on dame pour consolider la base de la diguette après avoir ramené la terre.

- Le système FEER ou système trois pierres se fait par ouverture d'une tranchée d'ancrage dont la terre de déblai est déposée en amont selon les dimensions suivantes : 30 à 35 cm de largeur et 10 à 15 cm de profondeur. Les grosses pierres sont disposées en deux lignes décalées dans la tranchée de façon qu'elles reposent sur leur plus grande surface. Une troisième ligne se superpose aux deux premières lignes. La terre ramenée est damée pour consolider la base de la diguette.

- Le système PDS consiste à ouvrir des sillons d'ancrage (trois) et à déposer la terre en amont selon les dimensions de 15 à 20 cm de largeur et de 10 à 15 cm de profondeur. De grosses pierres sont ensuite disposées au milieu du sillon sur leur plus grande hauteur en une seule ligne. Cette rangée est renforcée avec une ligne de petites pierres en aval qui sert de support. La terre est ensuite ramenée et damée pour consolider la base de la diguette. Les autres sillons sont destinés à la végétalisation.

Sur la production agricole, la plupart des études menées ont indiqué une augmentation des rendements consécutive à la mise en place des cordons pierreux. Ainsi, Zougmore (1996), a montré qu'en année de pluviométrie déficitaire, les diguettes en terre ont engendré un bon stockage de l'eau et une accumulation de particules en amont des diguettes, entraînant ainsi une meilleure production en grains de sorgho. L'état hydrique du sol permettait à la culture mise en place de mieux supporter les multiples périodes de déficit hydrique. En revanche, en année de pluviométrie excédentaire, il y a stagnation importante d'eau en amont des diguettes, ce qui peut entraîner une asphyxie des plantes et donc, une diminution de la production.

Lamachère et Serpantié (1992) ont montré une augmentation des rendements en mil de 20 à 40%, en année sèche, l'alimentation hydrique étant fortement améliorée, et une baisse significative de l'érosion sur les parcelles cultivées (deux fois moins de terre exportée hors des parcelles). De même, les études menées par Kambou et Zougmore (1995) ont montré qu'en année de pluviométrie déficitaire, le gain de production en grains et en tiges réalisé sur les parcelles aménagées en cordons pierreux atteint plus du double de la production du témoin.

Plusieurs études ont été menées en ce qui concerne l'influence de ces ouvrages sur les propriétés hydrodynamiques des sols (Lamachère et Serpantié, 1995 ; Hien, 1995 ; Ngaye, 2000). Hien (1995), a travaillé avec des diguettes en terre de plus de 5 ans et a montré qu'elles entraînent un accroissement du stock d'eau dans les espaces inter-diguettes. Absorbant la quasi-totalité du ruissellement, l'amont des diguettes présente un bilan hydrique excédentaire marqué par : une évaporation proche de l'évapotranspiration potentielle (ETP) pendant la saison de croissance surtout lors que le couvert végétal est important ; une distribution latérale et verticale de l'eau vers les horizons profonds du sol et vers l'amont et les espaces inter-diguettes.

Lamachère et Serpantié (1995) ont montré qu'un aménagement en cordons pierreux isohypses modifie les paramètres d'une crue par écrêtage et décalage de la montée. Cet effet n'améliore que marginalement l'infiltration, qui dépend surtout de la capacité de rétention d'eau en amont des cordons ; le gain d'infiltration a seulement atteint 15 % de la pluie après le colmatage des cordons. Les diguettes ont une moindre influence sur l'espace inter-diguettes surtout si celui-ci est encroûté ; mais une association de la diguette avec un paillis ou un travail du sol permet d'accroître l'efficacité des diguettes et celle des techniques associées

(Lamachère et Serpantié, 1991 ; Hien, 1995 ; Zombré *et al.*, 1999). En outre, l'impact sur l'infiltration dépend du sol et des états de surface. Lorsque le sol est sableux et le ruissellement important, l'atterrissement est si conséquent à l'aval du cordon que les pierres disparaissent dès la première année. Au cours des saisons, le cordon a parfois tendance à s'enfoncer dans le sol. Il est donc nécessaire de compléter l'action des cordons par une végétation adéquate par repiquage ou semis d'*Andropogon*. L'efficacité de ces ouvrages reste donc liée à la rugosité du sol (travail du sol, couverture végétale), à l'humidité des couches superficielles et à l'intensité des pluies.

Mais la contrainte majeure est la disponibilité en pierres et leur transport. Cette contrainte est largement évoquée par les paysans qui indiquent la rareté accrue des pierres ou leur éloignement. Lorsque les pierres sont éloignées de la parcelle, l'aménagement devient très difficile avec les moyens paysans. Même avec une charrette asine, le travail reste pénible. La quantité de pierres nécessaires à l'aménagement complet d'une parcelle d'un hectare est proche de 40 tonnes pour 300 m de cordons pierreux.

- ***Sous-solage***

L'objectif est de casser la couche superficielle d'un sol colmaté afin d'améliorer sa capacité d'infiltration à l'eau. Le sous-solage est exécuté à l'aide d'un tracteur ou d'un bulldozer jusqu'à une profondeur de 30 cm et même plus. Toutefois, la profondeur dépend de la puissance de la traction et des caractéristiques du sol (Nicou *et al.*, 1990). Il s'avère cependant que le sous-solage est suivi par une préparation du lit de semences avec une houe ou un outil à dents à traction animale.

En raison des difficultés de mise en œuvre du travail du sol en sec en traction motorisée (investissement et coût élevés), et de la disponibilité limitée des tracteurs, le sous-solage comme moyen de travail est rarement appliqué. Des recherches ont été entreprises, en vue de réduire les investissements par l'utilisation de la traction animale, par la technique du scarifiage à sec.

- ***Scarifiage***

Le scarifiage ou grattage est une façon de travailler le sol par grattage de la couche superficielle avec un instrument à dents, manuellement ou avec une traction animale, en vue d'ameublir les 10 premiers cm du sol. Il est effectué, soit à « sec » ou en condition « humide ». Par la technique à sec, on obtient un travail très superficiel et très irrégulier. L'effet positif sur l'infiltration est de courte durée car une croûte sera très vite reformée si le travail n'est pas suivi de labour (Vlaar, 1992). En milieu humide, le travail est plus profond, donc on obtient une plus grande infiltrabilité du sol. Un sarclage régulier pendant la période de croissance pour éviter le développement des adventices aura pour conséquence favorable que les croûtes formées pendant les pluies seront rompues, ce qui augmentera la capacité d'infiltration.

Peu de recherches ont été menées sur l'impact du travail du sol sur les propriétés physiques des sols, notamment en ce qui concerne le décompactage des sols dégradés par le sous-solage. Quelques projets ont eu recours à cette pratique pour aménager des zones de culture abandonnées à cause de leur mauvaise structure. Herblot (1984) a montré qu'après le sous-solage de 25 cm de profondeur, on obtient des passages très visibles, constituant un piège efficace pour l'eau de pluie. Il a aussi indiqué qu'en début de campagne, le témoin a la réserve en eau la plus faible ; ce qui laisse supposer qu'il y a eu réduction du ruissellement et meilleur stockage de l'eau grâce aux travaux en sec. Cependant, cette différence de réserve en eau totale par rapport au témoin s'atténue au fil de l'hivernage. Néanmoins, l'auteur souligne que le stockage de l'eau dès les premières pluies grâce au sous-solage permettrait d'assurer au démarrage des cultures, des conditions favorables à leur développement. Le travail du sol

comme méthode de lutte contre l'encroûtement des sols provient surtout de l'amélioration de la structure des sols et de l'augmentation du stockage de l'eau en surface. Il en résulte une augmentation de la production agricole (Herblot, 1984 ; Nicou *et al.*, 1987). Les résultats de Herblot (1984) à Gampéla ont montré que le sous-solage entraîne une augmentation de rendement assez importante pour le sorgho et le maïs (+25% pour le sorgho ; +16,7% pour le maïs et +29,2% pour l'arachide).

Les désavantages de la méthode sont la fréquence des croûtes presque après chaque pluie et l'augmentation du risque d'érosion (Nicou *et al.*, 1987). L'expansion de cette technique est également limitée à cause de son coût et de la disponibilité limitée du matériel. Des recherches doivent être menées en vue de déterminer l'impact du sous-solage dans l'aménagement des espaces sylvo-pastoraux.

▪ **Labour**

Le labour est une technique d'économie de l'eau par excellence. Le labour donne une surface ondulée couverte de mottes ou agrégats dont la taille dépend du type de sol et des conditions pendant le travail : un sol sec et dur donnera une surface avec de grosses mottes ; un sol léger et mouillé donnera peu d'agrégats (Vlaar, 1992). Le labour permet de briser la croûte du sol (Nicou *et al.*, 1990), ce qui améliore l'infiltration et diminue le ruissellement (Morin, 1993 ; Hoogmoed, 1999 ; Nicou *et al.*, 1987). Ainsi, l'amélioration de la structure du sol à cause de la porosité augmentée par l'action du labour permet un enracinement meilleur et profond. Cela garantit une meilleure croissance végétale et donc une couverture améliorée du sol.

Cependant, certains chercheurs nuancent les résultats positifs du labour. En évaluant la charge solide du ruissellement, Roose (1977) a montré qu'après une pluie, l'érosion reprend plus vite dans le cas d'un labour que sur un sol témoin. De même, Collinet *et al.* (1980) ont obtenu, sur parcelles labourées, des gains d'infiltration dus au labour très modestes (0,6 à 4,7 mm) ; ceci traduit une stabilité structurale très médiocre des mottes de labour qui se désagrègent rapidement et dont les éléments colmatent rapidement les porosités ouvertes artificiellement. Nicou *et al.* (1987) à Saria ont obtenu un effet net sur le rendement provoqué par une meilleure utilisation de l'eau à travers une infiltration améliorée et un ruissellement diminué de 20%. Ils ont également constaté une élévation légère du niveau de l'érosion (6%) et, en considérant les différences entre les conditions sur les stations expérimentales et le milieu paysan, on pourrait supposer une aggravation de l'érosion en utilisant le labour à plat. Il apparaît donc nécessaire, selon Guillobez et Zougmore (1991), de sarcler une ou deux fois pendant l'hivernage afin de casser les croûtes formées pendant les pluies et éliminer aussi les adventices.

▪ **Buttage et Billonnage**

Le buttage est un travail du sol en buttes. Le buttage et le billonnage peuvent être réalisés à la main ou à la charrue ou par un billonneur (Nicou *et al.*, 1987). L'eau se concentre dans les sillons, s'y infiltre au profit des plantes. Pour optimiser la rétention d'eau dans la parcelle, on réalise le cloisonnement des billons.

▪ **Mise en défens**

La mise en défens est la protection d'un terroir ou d'une parcelle contre l'homme et/ou les animaux domestiques. C'est donc une jachère protégée contre les formes de pressions liées aux activités humaines (pâturage, feu de brousse, coupe de bois). Les mises en défens étudiées dans notre zone d'étude concernent celles de Djibo (Rochette, 1989), et Oursi (Toutain et Piot, 1980). Ces études ont montré que la protection intégrale d'une zone dégradée entraîne une régénération du couvert végétal avec une amélioration de la production primaire et une modification de la structure de la végétation. Ainsi on assiste le plus souvent à une

régénération spectaculaire de jeunes pousses d'arbustes et d'arbres (*Acacia seyal*, *Acacia nilotica*, *Acacia albida*, *Bauhinia rufescens*, *Ziziphus mauritiana*) (Dugué *et al.*, 1994).

Il faut cependant noter que la mise en défens, parce qu'elle s'appuie exclusivement sur la résilience du système et surtout sur la présence d'un minimum de couvert végétal, n'est pas une mesure appropriée pour des surfaces nues et encroûtées (Mando *et al.*, 1999). Dans de tels cas, des mesures d'accompagnement sont indispensables pour accélérer le processus de réhabilitation. La régénération peut être accélérée par un travail préparatoire du sol. Par ailleurs, l'installation d'une mise en défens requiert un processus plus ou moins long de négociation entre les communautés riveraines, communautés qui, le plus souvent, sont en compétition pour l'utilisation de l'espace. La mise en défens n'est envisageable que dans le cadre d'un aménagement régional ou d'un aménagement de bassins versants.

▪ **Paillage**

La technique du paillage est très ancienne et très répandue dans la zone sub-sahélienne. Elle a été étudiée au Burkina Faso par Zombré *et al.*, (1999). Le paillage consiste à recouvrir le sol d'une couche de 2 cm d'herbes équivalant à 3 à 6 t/ha ou de branchages ou encore de résidus culturaux (tiges de mil ou de sorgho) de façon à stimuler l'activité des termites. Ces derniers vont casser la croûte superficielle du sol en creusant des galeries sous les paillis. Il en résulte un ameublissement du sol et une augmentation de sa porosité qui permettent une meilleure infiltration de l'eau (Zombré *et al.*, 1999).

L'application du paillis dans les zones semi-arides du Sahel, où l'érosion éolienne est présente, entraîne une accumulation de particules sous forme de sédiments sous les paillis (Mando et Stroosnijder, 1999). Le paillage entraîne également la réhabilitation de la végétation dès la première année d'application (Mando *et al.*, 1999). Le paillis peut permettre un développement de végétation couvrant complètement un sol nu dans un délai de deux ans. Cette performance de la végétation sous paillis est la réponse de celle-ci à l'effet du paillage sur l'amélioration de la structure du sol et sur la disponibilité de l'eau et des nutriments dans le sol.

Certes, le couvert assuré par les résidus de récolte limite les risques d'encroûtement et favorise considérablement l'infiltration, mais l'efficacité de cette technique diminue lorsque le taux d'argile augmente (Collinet *et al.*, 1980). Aussi, dans cette région peu de résidus de récolte restent sur le champ après la récolte car ils sont utilisés pour l'alimentation du bétail (composante essentielle de l'économie de subsistance) ou comme source d'énergie. La faible disponibilité de paille et la distance de transport sont également des contraintes du paillage. En effet, la forte demande en paille pour l'édification des toitures ou d'objets artisanaux et l'alimentation du bétail mais aussi comme source d'énergie domestique, est si primordiale que l'allocation des résidus pour la protection des sols est difficile (Mando, 1999). De même, les feux de brousse causent la disparition de la paille et constituent aussi un facteur limitant à l'utilisation du paillage.

▪ **Reboisement**

Il s'agit des plantations dans les champs, le long des diguettes, le reboisement sous forme de bois de village et les haies vives autour des périmètres maraîchers. Les plantations sous forme de bois de village se font collectivement. Dans les champs, le reboisement se fait par collectivité (champs collectifs) ou individuellement (champs individuels). Les espèces utilisées sont issues des pépinières villageoises mises en place par les différents projets de développement. Les principales espèces utilisées sont entre autres : *Acacia nilotica*, *Acacia albida*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia macrostachya*, *Leuceana leucocephala*, *Ziziphus*

mauritiana, *Parkia biglobosa*, *Parkinsonia aculeata*, *Bauhinia rufescens*, *Magifera indica*, *Prosopis juliflora*, etc.

Les bois de village, s'ils ont une action en terme de lutte anti-érosive, de brise-vent et d'infiltration, ne participent pas à améliorer de manière plus directe la situation économique des gens. Selon des enquêtes réalisées (Totté, 1996), le taux de survie faible des plantations ainsi que le manque d'exploitation s'expliqueraient par l'absence de responsabilisation pour l'entretien des plantations et la répartition des revenus issus de ces plantations. Mais le problème majeur du reboisement se situe au niveau de la mise en défens contre les animaux. En saison sèche, aucune organisation n'est prévue. Des exemples existent cependant de gardiennage par des enfants ou des jeunes qui sont payés par cotisation du village.

En ce qui concerne les reboisements dans les champs, les résultats sont relativement faibles. Il apparaît des problèmes dans la programmation par les animateurs de la distribution des plants car les paysans ont d'autres priorités et n'effectuent les trouaisons qu'en dernier ressort. Aussi les plants produits par les pépinières villageoises ne sont pas de bonne qualité. Tous ces facteurs mis ensemble justifient le faible taux de survie des plants. Un suivi-évaluation de ces reboisements en matière d'impact sur les caractéristiques hydrodynamiques des sols et l'évaluation du taux de survie de ces plants à long terme est indispensable.

- ***Tapis herbacé***

Le tapis herbacé est une activité très récente, qui consiste à récupérer des clairières dénudées par un sous-solage et un semis de graines d'herbacées. Le sous-solage est réalisé soit par la charrue à traction bovine avec une main d'œuvre d'une vingtaine de personnes équipées de pioches et barres à mines, soit par un tracteur. La première méthode permet de sous-soler 1 ha par jour. Tandis que le tracteur permet de traiter une vingtaine d'hectares dans le même temps. La pratique permet de reconstituer plus rapidement les superficies importantes qui pourront, les années suivantes, être cultivées en zaï notamment. Il conviendrait cependant de faire une évaluation de toutes les expériences en tapis herbacés en termes de récupération des sols (pédologie) d'une part et économique d'autre part. Cette évaluation pourrait être le départ de formations plus pointues afin d'accroître l'efficacité de la technique.

- ***Bandes enherbées***

Ce sont des bandes constituées d'herbacées, installées suivant les courbes de niveau dans les champs, seules ou en amont d'ouvrages anti-érosifs comme les cordons pierreux ou les diguettes en terre. La couverture directe des structures anti-érosives par des espèces herbacées est une méthode efficace et durable pour leur stabilisation (Vlaar, 1992). Les herbes pérennes sont préférées parce que leurs systèmes peuvent rester au sol toute l'année. L'espèce *Andropogon gayanus* est la plus répandue, du fait que sa paille est très recherchée, notamment pour faire des nattes, des toitures et pour servir d'aliment de bétail. Outre *Andropogon gayanus*, d'autres espèces comme *Stylosanthes hamata*, *Bracharia ruziziensis*, *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum purpureum* peuvent être également utilisées.

Les bandes d'*Andropogon gayanus*, qu'on peut souvent observer comme limitation des champs au Plateau central du Burkina Faso, servent elles-mêmes de structures anti-érosives (Kessler et Boni, 1991). Elles permettent de freiner les eaux de ruissellement et de favoriser leur infiltration ; elles jouent le rôle de filtre et provoquent ainsi le dépôt de sédiments provenant de l'amont de la bande (Mando *et al.*, 1999 ; Ngaye, 2000 ; Fournier *et al.*, 2000 ; Kambiré, 2002). Selon Lavigne-Delville (1996), le maintien ou le semis de bandes le long des courbes de niveau a normalement un impact sur le ruissellement et l'érosion comparable à celui des cordons pierreux.

Cependant leur efficacité est fonction de leur largeur, de l'importance du ruissellement et des espèces constituant la bande (Benoît et Pastor, 1997). En général, on recommande des bandes de 3 m, tous les 50 m (Lavigne-Delville, 1996 ; Benoît et Pastor, 1997). Dégâts du bétail et emprise au sol sont les deux limites principales des bandes herbeuses, qui constitueraient sinon une bonne réponse biologique à l'érosion et peut être une amorce de production de fourrage. Aussi la compétition pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs entre la bande et les cultures à proximité de la bande limitent la croissance de ces dernières. C'est ce dernier volet qui nous intéresse dans le cadre de notre étude. Mais les études de Kambiré (2002), réalisées à Gampéla, ont montré qu'une coupe de ces bandes au cours de leur cycle permettait d'atténuer l'effet de la compétition pour l'utilisation de la lumière entre les bandes d'*Andropogon* et les plantes du sorgho situées à la proximité immédiate de ces bandes. Cela a eu pour conséquence une augmentation des rendements sur les parcelles des bandes coupées une ou deux fois par rapport au témoin sans coupe.

2.2.2. Atouts et faiblesses des différentes techniques de LCD

Les techniques mécaniques

Les techniques mécaniques regroupent le zaï, les cordons pierreux, les demi-lunes, les diguettes en terre et les digues filtrantes pour le traitement des ravines. Les mesures complémentaires utilisées concernent l'application de la fumure organique.

Les avantages concernent essentiellement l'augmentation des rendements agricoles, la conservation de l'eau et la régénération du tapis herbacé et ligneux par les techniques du zaï, de la demi-lune et des cordons pierreux (**Tableau 3**).

Les limites à l'expansion de ces techniques sont, entre autres, la rareté et l'éloignement des pierres, une forte demande en main d'œuvre et de moyens de transport, la disponibilité limitée de la matière organique et l'augmentation des temps de travaux (**Tableau 3**). Ces techniques sont également coûteuses (au moins 100 000 F CFA/ ha). L'adoption de ces techniques entraîne une réduction des superficies cultivées habituellement. Les exigences en main d'œuvre à elles seules rendent difficile la mise en valeur de grandes superficies. Les estimations sur les entretiens varient de 1 000 à 4 000 heures par hectare (RSP, 1994).

Tableau 3 : Atouts et faiblesses des techniques mécaniques de LCD au Burkina Faso

Techniques	Atouts	faiblesses
Zaï	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation des rendements agricoles - restauration de la végétation - travail en saison sèche - Augmentation de l'infiltration de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - durée des temps de travaux - inadaptation aux sols sableux - efforts physiques importants - disponibilité de matière organique et transport - nécessité de travaux associés : cordons pierreux
Demi-lune	<ul style="list-style-type: none"> - absorption de l'eau de ruissellement - lutte contre l'érosion - Augmentation des rendements agricoles - restauration de la végétation 	<ul style="list-style-type: none"> - gros efforts de main d'œuvre - formation pour les courbes de niveau - disponibilité de la matière organique - sécurité foncière
Cordons pierreux	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation des rendements agricoles - restauration de la végétation - travail en saison sèche - Infiltration 	<ul style="list-style-type: none"> - rareté et éloignement des pierres - insuffisance des moyens de transport - nécessité de la main d'œuvre - entretien - engorgement en année pluvieuse
Diguette en terre	<ul style="list-style-type: none"> - conservation de l'eau - facilité de réalisation 	<ul style="list-style-type: none"> - nécessité d'un entretien constant - faible efficacité (brèche, etc..) - nécessité de gros matériel (tracteur) - engorgement
Digue filtrante	<ul style="list-style-type: none"> - augmentation des superficies cultivables - lutte contre l'érosion - ralentissement de l'écoulement de l'eau et sédimentation 	<ul style="list-style-type: none"> - coût de réalisation très élevé - fort besoin en main d'œuvre abondante

Les techniques biologiques

Les avantages des techniques biologiques (paillage et mise en défens), résumés dans le **Tableau 4**, concernent principalement la régénération du couvert végétal avec une amélioration de la production primaire et une modification de la structure de la végétation, la protection du sol contre les agents de dégradation (intensité des pluies, température, vent), l'amélioration des propriétés hydrodynamiques du sol (porosité, bilan hydrique) et la réduction du ruissellement et de l'érosion (Zombré *et al.*, 1999 ; Albergel *et al.*, 1995).

Cependant, la mise en défens, en se basant sur la résilience du système et surtout sur la présence d'un minimum de végétation n'est pas une mesure appropriée pour les surfaces nues et encroûtées (Mando *et al.*, 1999). Par ailleurs, l'installation d'une mise en défens requiert un processus plus ou moins long de négociation entre les communautés riveraines, communautés qui, le plus souvent, sont en compétition pour l'utilisation de l'espace. La mise en défens n'est envisageable que dans le cadre d'un aménagement régional ou d'un aménagement de bassins versants.

La faible disponibilité de paille et la distance de transport sont également des contraintes du paillage. En effet, la forte demande en paille pour l'édification des toitures ou d'objets artisanaux et l'alimentation du bétail mais aussi comme source d'énergie domestique, est si primordiale que l'allocation des résidus pour la protection des sols est difficile (Mando, 1999).

Tableau 4 : Atouts et faiblesses des techniques biologiques

Techniques	Atouts	Faiblesses
Paillage	protection du sol révégétalisation réduction de l'évapotranspiration stimulation de l'activité biologique augmentation de la porosité du sol amélioration de la fertilité du sol augmentation des rendements	disponibilité limitée des résidus problème de transport
Mise en défens	<ul style="list-style-type: none"> - protection de la parcelle contre les animaux et l'homme - régénération du couvert végétal - réduction du ruissellement et de l'érosion - augmentation du bilan hydrique 	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'effet sur les sols nus et encroûtés - gestion nécessaire - mesures complémentaires (travail du sol) - aménagement régional ou de bassin versant - négociation entre les communautés riveraines

Les techniques agroforestières

Le **Tableau 5** résume les avantages et les inconvénients des techniques agroforestières rencontrées dans notre zone d'étude. Les avantages concernent principalement la protection du sol contre l'érosion et le ruissellement, la restauration du couvert végétal disparu, la stabilisation des ouvrages physiques de CES, la production des biens et services (bois de chauffe, fourrage, matériaux de construction, tec.). Les inconvénients sont, entre autres, la concurrence avec les autres activités agricoles, la disponibilité limitée des souches d'herbes, la mauvaise qualité des plants, les aléas climatiques (sécheresse), la divagation des animaux, la lenteur des cycles de développement des plants plantés, etc.

Tableau 5 : Atouts et faiblesses des techniques agroforestières

Techniques	Atouts	faiblesses
Reboisement, végétalisation ligneuse	<ul style="list-style-type: none"> - restauration du couvert végétal disparu - impact positif sur le sol et le fourrage naturel 	<ul style="list-style-type: none"> - concurrence avec les activités agricoles - difficultés de mise en défens ou d'entretien - mauvaise qualité des plants - eau insuffisante en saison sèche - lenteur des cycles de développement - taux de survie faible
Bandes enherbées	<ul style="list-style-type: none"> - stabilisation des ouvrages mécaniques de CES - lutte contre l'érosion et le ruissellement - production des biens et services (fourrage, matériaux de construction) 	<ul style="list-style-type: none"> - disponibilité limitée des souches d'herbes - forte emprise sur le sol - dégâts par le bétail - concurrence avec les cultures situées à proximité
Tapis herbacé	<ul style="list-style-type: none"> - régénération du couvert végétal - production de fourrage - protection du sol 	<ul style="list-style-type: none"> - technique très coûteuse - nécessité d'un sous-solage (mécanisation) - main d'œuvre pour la collecte des semences - difficultés de mise en défens ou d'entretien
Brise-vent et haies vives	<ul style="list-style-type: none"> - protection contre l'érosion éolienne - fixation du sol - protection contre les animaux 	<ul style="list-style-type: none"> - empiétement sur les parcelles - organisation collective - entretien (mise en défens) - concurrence avec les activités agricoles

Les techniques culturales

Les techniques culturales regroupent l'ensemble des techniques de travail du sol qui créent une fissuration en vue d'augmenter la porosité totale des horizons superficiels du sol. Selon Nicou *et al.* (1990), cet accroissement de la porosité globale, qui paraît faible (10 à 20%), a pourtant des conséquences très importantes : augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol, réduction de l'évaporation, amélioration de la structure du sol et donc, un meilleur enracinement et une bonne absorption des éléments nutritifs par les plantes.

En raison des difficultés de mise en œuvre du travail du sol en sec en traction motorisée (investissement et coût élevés), et de la disponibilité limitée des tracteurs, le sous-solage comme moyen de travail est rarement appliqué. Des recherches ont été entreprises, en vue de réduire les investissements par l'utilisation de la traction animale, par la technique du scarifiage à sec.

Les désavantages de la méthode sont la fréquence des croûtes presque après chaque pluie et l'augmentation du risque d'érosion (Nicou *et al.*, 1987). L'expansion de cette technique est également limitée à cause de son coût et de la disponibilité limitée du matériel. Des recherches doivent être menées en vue de déterminer l'impact du sous-solage dans l'aménagement des espaces sylvo-pastoraux.

2.3. Les structures et les projets de recherche et de développement rural

2.3.1. Les structures et l'implantation de leurs travaux

- *Les structures et institutions*

Une cinquantaine de structures et d'institutions interviennent ou contribuent à la lutte contre la désertification au Burkina Faso (**Tableau 6**). Les intervenants sont très diversifiés et peuvent être répartis entre structures nationales (Structure de développement, université et de recherche) et internationales. Le nombre de citations atteint 559, pour 517 références, ce qui signifie que de nombreux travaux sont inter-institutionnels.

L'état burkinabé intervient au travers de ses ministères (Agriculture, Environnement, Enseignement supérieur...) et des fonds et programmes qu'il soutient. Les structures de recherche burkinabé sont essentiellement l'INERA, avec ses différents départements (91 références) et les universités : celle Ouagadougou et celle de Bobo-Dioulasso (IDR) (89 citations au total). Les structures extérieures au Burkina menant des recherches dans le domaine de la LCD sont au nombre de 23, dont une large contribution de l'IRD (ex ORSTOM) (125 références) et du CIRAD (24 références). Les universités étrangères, telle Wageningen (Antenne sahélienne), ou l'école Polytechnique de Lausanne, présentent également d'importantes contributions (50 références au total pour 13 universités). Les structures internationales qui interviennent sont principalement celles qui opèrent au niveau de l'Afrique de l'Ouest (CILSS, ICRISAT, IRAT : 41 références au total) et les organismes des Nations Unies.

Tableau 6 : Structures intervenant en LCD, d'après le référentiel des mots-clés

Etat burkinabé		Structures burkinabé		Structures étrangères		Structures internat.	
Nom	Réfs.	Nom	Réfs.	Nom	Réfs	Nom	Réfs
Agriculture	3	CNRST/INERA	91	ORSTOM/IRD	125	PNUE	4
Environnement	3	IDR (Un. Bobo)	59	CIRAD	24	PNUD	2
FEER	7	Univ. Ouaga	30	Un. Wageningen	19	FAO	8
ARTS	6	IRBET	5	CTFT	10	UNESCO	5
FDR	4	EIER/ESTHER	12	CNEARC	9	OCDE	4
Enseignement	2	ENEF	2	ENSA (2)	4	AOCASS	6
Action Coopérative paysanne	1			INAPG	2	WASVC	3
				ISTOM	1	ISCO	7
				Un. Lausanne	6	ICRISAT	6
				Universités (9)	19	CILSS	19
				IEMVT	4	IRAT	16
				INRA	2	ICRAF	15
				Gembloux	1	IPD/AOS	4
				Purdue	5	Autres (3)	4
Total	26	Total	199	Total	231	Total	103

Parmi ces structures qui interviennent en LCD au Burkina Faso, l'Institut de Recherches pour le Développement (IRD), qui possède un centre de documentation bien fourni, a produit de nombreux documents sur le bassin versant de Bidi et de la Mare d'Oursi. Dans le bassin versant de la mare d'Oursi, les études ont concerné les mesures de ruissellement et d'érosion, la caractérisation et la cartographie des états de surface, la structure, la productivité et la dynamique des écosystèmes. Dans le bassin versant de Bidi, les études portent sur la caractérisation et la cartographie des états de surface, la végétation, l'évaluation de l'impact de la technique du zaï sur les rendements des cultures, l'érosion et le ruissellement.

L'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières (IRAT), a travaillé sur plusieurs thèmes, dont la sélection variétale, la fertilisation des cultures, la valorisation des résidus culturaux et les techniques d'économie de l'eau. Les techniques culturales (labour, billonnage, buttage, scarifiage, etc.) ont été évaluées à travers leurs impacts sur les rendements agricoles, l'érosion, le ruissellement et le bilan hydrique.

Le Centre International de Recherches Agronomiques pour le Développement (CIRAD) a mené plusieurs études dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Les principaux thèmes étudiés concernent la gestion de la fertilité des sols et des stratégies paysannes, le travail du sol et résistance à la sécheresse, les systèmes de production et les techniques de lutte contre le ruissellement et l'érosion.

Le Comité Inter Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) regroupe les pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest (Mali, Burkina Faso, Niger, Sénégal, Mauritanie..). Il contribue à la lutte contre la désertification. Les techniques développées concernent les plantations d'arbres, les bandes végétatives, la diffusion des foyers améliorés, la fixation des dunes, les cordons pierreux, etc.

Les structures telles que l'université Agronomique de Wageningen, l'université d'Orléans, l'école Nationale Supérieure de Montpellier, l'université Catholique de Lyon, l'université Paris VI, l'université Paris XII et bien d'autres structures internationales et nationales assurent la formation des cadres supérieurs (PhD, Doctorat).

Quant aux implantations de ces travaux, le **Tableau 7** présente les mots-clés recensés en fonction des différentes provinces de la zone d'étude.

Tableau 7 : Provinces ayant fait l'objet de travaux de LCD, d'après le référentiel de mots-clés

Provinces	Réfs.	Provinces	Réfs.	Zone	Réfs.
Yatenga	89	Soum	5	Sahel	136
Bam	17	Oubritenga	4	Soudano-sahélien	82
Passoré	14	Yagha	4	Afrique	90
Sanmatenga	13	Boulkiemdé	4	Afrique de l'Ouest	41
Namentenga	8	Zandoma	3	Plateau Central	37
Oudalan	7	Loroum	2		
Séno	7	Kossi	2		
Sanguié	5	Kourwéogo	2		
Total		186			386

L'examen de ce tableau 7 montre que la province du Yatenga cumule largement le plus d'interventions dans le cadre de la lutte contre la désertification et la dégradation des sols au Burkina Faso. Elle a été citée comme mot clé 89 fois contre 17 pour la province du Bam, 14 fois pour la province du Passoré et 13 fois pour le Sanmatenga. Les autres provinces, au nombre de 12, se partagent 53 références. Lorsqu'une province n'est pas citée, les études concernent essentiellement les zones sahélienne (136 références) et soudano-sahélienne (82 références).

2.3.2. Les Projets de LCD au Burkina Faso

Le **Tableau 8** résume les principales structures intervenant dans la lutte contre la désertification dans la zone du projet et montre la diversité des interventions et des moyens mobilisés, bien que les techniques principales utilisées restent fondamentalement les mêmes.

A partir de 1960 et jusqu'à la fin des années 1970, ce sont les bourrelets anti-érosifs ou diguettes en terre qui ont été réalisés dans le Yatenga, d'abord par le GERES et ensuite par le FDR. Le début des années 1980 marque une étape importante dans l'histoire de la lutte anti-érosive avec l'apparition des diguettes en pierres ou cordons pierreux. Cette technique a été vulgarisée par le PAF et le PAE. Le succès des cordons pierreux auprès des paysans et des groupements a eu un écho favorable dans les autres provinces où rapidement d'autres projets les ont adoptés et vulgarisés dans le plateau central. Au milieu des années 1980, les digues filtrantes sont apparues surtout dans le Bam avec AFVP. Elles se sont révélées efficaces dans la lutte contre le ravinement dans les bas-fonds. D'autres techniques telles que le zaï, la demi-lune, le paillage et les bandes végétatives ont par la suite prouvé leur efficacité dans la zone. Ces techniques sont accompagnées par la vulgarisation des fosses compostières ou fumières pour la fabrication de la fumure organique.

L'analyse de ces projets a été détaillée dans le rapport d'étape. Il s'agit notamment des Projets et ONGs suivants : GERES-Volta, FDR/FEER, R/D, AFVP, PAF, PAE, PATECORE, PEDI, PS-CES/AGF, FNGN, PAPANAM, ADRK, PIN et DREEF. L'analyse a concerné la stratégie d'intervention, les objectifs et les activités menées, le bilan des réalisations, les difficultés rencontrées dans l'exécution des activités, les solutions préconisées, les zones d'intervention et les moyens utilisés. Le bilan chiffré des réalisations de ces structures est consigné dans le **tableau 10**.

Les moyens logistiques utilisés par ces différentes structures suivent le même cheminement. Au départ, des gros engins (Bulldozers, Caterpillars) manipulables par les spécialistes et des appareils topographiques sont utilisés pour la matérialisation des courbes de niveau et l'ouverture des tranchées. De petits matériels facilement utilisables par les paysans tels que le niveau à eau, l'équerre, le niveau des maçons, les pics à axe ont remplacé par la suite les gros engins pour la réalisation des mêmes travaux. A l'heure actuelle, les grosses machines n'entrent en jeu que dans la réalisation des ouvrages compliqués tels que le traitement de ravines et le sous-solage.

- *Autres Projets*

Le projet PIS intervient dans le Sanmatenga en collaboration avec le SPA. Il a réalisé à son actif 2 927 ha de sites anti-érosifs en pierres. Le PIL est un projet intervenant dans le Bam ; il a réalisé 729 ha de sites anti-érosifs en pierres. Le PDRI a réalisé 541 ha de sites anti-érosifs en pierres en 2001 dans le Namentenga (DRA/CN, 2001).

L'association Zood-Nooma, financé par l'Agro-Action Allemande, a réalisé 2 189 ha de zaï, 244 ha de demi-lune, 1 009,2 ha de paillage, 68 428 m de végétalisation herbeuse, 2 948 m de végétalisation ligneuses et un épandage de fumure organique 37 720 charrettés.

Tableau 8 : Principales interventions dans la zone du projet, techniques et approches utilisées

Projets	Organisme	Financement	Années	Techniques utilisées	Approches utilisées
GERES-Volta	NEDECO (néerlandais)	FED	1962-1965	Banquettes ; diguettes ; fossés de diversion ou d'infiltration ; micro-barrages ;	Approche descendante (« top-down »). Utilisation de gros moyens (bulldozers...)
FNGN	FNGN	Financements ONG	1967-actuel	Zaï ; reboisement ; digues filtrantes ; cordons pierreux ; tapis herbacé ; fosses fumières	Approche participative avec incitation matérielle ; décentralisation ; Aménagements collectifs et/ou individuels
FDR/FEER	MAHRH	BAD, FAC, FED, Pays Bas, PNUD	1972-1985 1985-actuel	Diguette végétalisées en terre Cordons pierreux ; bandes végétalisées	Approche descendante, puis approche intégrée, avec villageois. Aménagements collectifs
ADRK	ADRK Kaya	Pays bas, ALLEM, Burkina	1972-2000	Cordons pierreux ; aménagements de sites anti-érosifs et de bas-fonds	Auto-promotion paysanne ; travail avec les groupements villageois
PIN	ONG	USA, GB, Japon Belgique, Canada	1978-actuel	Cordons pierreux ; aménagements pour agriculture, élevage, environnement	Assistance à l'enfance ; appui aux communautés
PAF	Grande Bretagne	OXFAM	1979-1997	Diguette ; plantations ; formation	Responsabilisation des paysans
PAE	Volontaires allemands	PA/CILSS/GTZ	1981-2001	Diguette ; plantations ; haies vives ; zaï ; cordons pierreux ; fosses fumières ; formation	Approche interactive, sans rémunération ; Aménagements collectifs et/ou individuels
PEDI	Pays Bas	DGIS SNV	1982-actuel	Impact CES ; aménagements de bas fonds ; cordons pierreux ; digues ; traitement ravines	Approche de sensibilisation et de consultation ; soutien technique ; prêt de matériel
R/D	INERA, CIRAD	FAC	1983-1992	Techniques CES/AGF	Approche adaptée à chaque village
Rissiam	AFVP, CRPA, PATECORE	Coopération française	1986-1992	Digues filtrantes ; cordons pierreux ; barrages ; périmètres maraîchers et rizicoles ; formation	Approche basée sur le volontariat ; prêt de matériel
PATECORE	GTZ	Coopération allemande	1988-1999	Digues ; cordons ; paillage ; zaï ; plantation de ligneux ; herbacées ; régénération ; paillage	Appui aux partenaires et aux services techniques ; adhésion volontaire
PAPANAM	CRPA-CN/SPA	PNUD-FNU	1994-1999	Diguette ; aménagement de bas-fonds	Intervient dans les villages, en relation avec l'Etat ; lourdeur administrative
Projet FSA	Ministère de l'Environnement	FAO-Italie	1994-2000	Tapis herbacé ; demi-lunes ; zaï ; plantations ; décompactage	Approche participative avec incitation matérielle ; aménagements collectifs
PS-CES/AGF	MAHRH	FIDA, BOAD, Etat burkinabé	1995-2002	Cordons pierreux ; zaï ; demi-lunes ; digues ; fertilisation ; agroforesterie ; régénération	Approche participative interactive ; implication villageois ; collectifs et/ou individuels
Divers projets : Front de terre, PIS, PIL, PDRI	DREEF/CN CRPA	ONGs	1998-actuel	Sous-solage ; reboisement ; cordons pierreux ; ouvrages anti-érosifs ; bandes de végétation ; plantations	Responsabilisation de la population ; appui technique ; sensibilisation

- **Projet GCP/RAF/303/ITA : Forêt et Sécurité Alimentaire (FSA)**

Le projet Forêt et Sécurité Alimentaire (FSA) a démarré ses activités au Burkina Faso en 1997 et a pris fin en 2000. Ses activités s'intègrent dans le cadre de la lutte contre la désertification à travers des actions de restauration mécanisée des sols très fortement dégradés. Au Burkina Faso, sa zone d'intervention se situe dans la zone nord sahélienne, plus précisément dans les provinces de Loroum (Titao) et de Soum (Djibo).

L'objectif global poursuivi par l'introduction du volet CES/DRS dans les zones dégradées est de restaurer le potentiel de production agro-sylvo-pastorale sur de vastes étendues et de stabiliser les populations dans leur terroir. L'expérience pilote menée au nord du Burkina Faso dans des conditions de milieu très sévères, associe travail mécanique à l'aide des charrues spéciales et mise en valeur/aménagement par et pour les populations à l'aide de techniques simples.

La charrue « Delphino » permet de creuser mécaniquement des micro-bassins sous forme de demi-lunes tandis que la charrue « Treno » permet de creuser des sillons cloisonnés. Ces charrues qui nécessitent un tracteur d'une puissance de 180-190 CV, ont été conçues pour récupérer à grande échelle les terres de glaciaires fortement dégradées et dénudées, notamment au Sahel.

Stratégie d'intervention

La stratégie d'intervention du projet FSA en matière de récupération des terres fortement dégradées repose sur la mise en œuvre de l'approche participative. Elle consiste à sensibiliser, impliquer et responsabiliser l'ensemble des acteurs dans toutes les phases et étapes du processus : identification des sites à récupérer, programmation et exécution des activités, entretien/suivi et protection des aménagements.

La méthodologie développée suit trois grandes phases et plusieurs étapes importantes :

- 1- une phase préparatoire, qui comporte les différentes étapes destinées à préparer les travaux de labour mécanisés et les travaux de mise en valeur des terres récupérées (semis directs, aménagements agro-sylvo-pastoraux). Il s'agit principalement de : (1) l'information/animation / sensibilisation des différents partenaires ; (2) études techniques et socio-économiques visant la connaissance du milieu physique et humain ; (3) lever topographique et courbes de niveau ; (4) restitution des résultats des enquêtes ; et enfin (5) choix et délimitation des sites à récupérer en concertation avec les populations bénéficiaires ;
- 2- une phase d'exécution, qui comporte le travail mécanisé et la mise en aménagement des terres labourées à l'aide de « Delphino » ou « Treno ». Les différentes étapes de cette phase sont : le renforcement des capacités d'intervention des populations (formation, appui matériel et financier,..), la collecte et la production de semences ou de plants par les populations et le labour mécanisé ;
- 3- une phase de suivi/évaluation des travaux d'aménagement, qui comporte des outils destinés au suivi de l'ensemble des activités liées à la récupération des terres dégradées. Parmi ces outils, on peut citer les auto-évaluations (comité villageois, comité inter villageois, Projet, etc.), les fiches de suivi (suivi des productions et des rendements, calcul du taux de réussite et suivi des plantations, etc.), ainsi que les cahiers de villages.

Le coût d'acquisition des équipements par le Projet FSA (1 tracteur de 180-190 CV, 1 charrue « Delphino » et une charrue « Treno » s'est élevé en 1997 à un total de 105 190 dollars. Le

coût annuel de la réhabilitation mécanique est de 31 662 de dollars pour l'unité Tracteur-Delphino et de 33 638 dollars pour l'unité Tracteur-Treno. Ce projet a été financé par le programme de Coopération FAO/Italie.

Le projet a apporté un appui ponctuel aux populations en petit matériel (pioches, faux, bottes, gants, pelles, arrosoirs, sachets pour la production de plants, etc. Il a également appuyé la construction de deux puits à grand diamètre au niveau des pépinières inter-villageoises et mis à la disposition de chaque comité inter-villageois (CIV) 10 charrettes pour le transport de fumier vers les sites et champs de culture, subventionnées à 50%, le reste étant payé par les populations à crédit (soit 390 000 F CFA/village).

Résultats

Le projet FSA a traité 1 322 ha à l'aide des charrues « Delphino » et « Treno ». Sur ce total réalisé, 650 ha ont été traités et aménagés sur les seuls sites expérimentaux de Titao et Djibo (**Tableau 9**). Le reste des superficies a été labouré dans le cadre du partenariat à travers la location des machines et tractoristes. Son intervention a été ainsi étendue à d'autres sites et provinces.

Les principaux partenaires dans ce domaine sont : le projet PNUD/FAO BKF/93/003 (province d'Oubritenga), l'ONG ADRA (province du Soum), le projet PAE (province Soum), le projet PAPANAM (province du Namentenga), le Ministère de l'Environnement dans le cadre des activités du projet Front de terre et ceinture verte (provinces de la Gnagna, du Soum et du Yatenga), au total plus de 700 ha labourés avec les machines acquises par le projet FSA.

Tableau 9: Superficies labourées à l'aide des charrues « Delphino » et « Treno »

Sites	1997		1998		1999		Total
	Delphino	Treno	Delphino	Treno	Delphino	Treno	
Titao	76	25	59	19	63	-	242
Djibo	119	56	16	57	151	10	409
Autres partenaires	95	-	299	37	196	44	671
Total	290	81	374	113	410	54	1 322

Source : Detraux et Keïta, 1999

Les aménagements sylvo-pastoraux ont été réalisés sur des sites collectifs par les populations après passage de la charrue « Delphino » par la technique de semis directs. Au total, plus de 260 ha ont été semés en espèces forestières locales sur les deux sites (Djibo et Titao), soit 141 ha en 1997 et 117 ha en 1998. Au total, 200 000 plants ont été mis en terre dans les deux sites en 1997-1998.

Ces aménagements ont concerné les champs individuels. Il s'agit des semis agricoles de mil/niébé et des plantations ou des semis directs d'espèces forestières améliorantes (essentiellement *Acacia albida* et *Acacia senegal*) au niveau des cloisons dans les sillons. A Titao, 100 plants/ha ont été distribués à chaque producteur. A Djibo, 11 000 plants ont été mis en terre dans les champs individuels. Les sites individuels mis en culture par les populations concernent 283 ha, soit 50 ha en 1998 et 233 ha en 1999. A Titao, une haie vive à l'aide de boutures d'*Euphorbia balsamifera* a été réalisée sur 5,5 km en 1998 pour protéger le site collectif contre la divagation des animaux.

Le **Tableau 10** rassemble les données chiffrées disponibles quant aux superficies concernées par les différentes réalisations des principales structures impliquées.

Tableau 10 : Superficies concernées par les techniques utilisées, selon les organismes

Technique	Organismes										
	GERES	FDR/FEER	CES/AGF	PFSA	FNGN	PAE	PAF	PATE-CORE	Association Zood-Nooma	Autres	Total
Diguettes terre (ha)	119459	58886				444		4919		386	184094
Diguettes végét. (m)			661336		6781	156					668273
Diguettes filtrantes (n)	1 616		747		864	36		767,2 ha		855	4118
Cordons pierreux (ha)		4289	89369		50480	7103	8000	28155	2189	33141	222726
Fossés de diversion ou de garde (km)	28694 km										28 694 km
Zaï (ha)			32590	283	127751	588		2448	244		163904
Demi-lunes (ha)			323	1 074							1397
Paillage (ha)								5105	1009,2		6114,2
Tapis herbacé (ha)				97	1 282						1379
Semis (ha)	18 000										18000
Régénération nat. (ha)			18184								18184
Décompactage (ha)				248						200	448
Pépinières villages (n)			62	5	119	364		43		15	608
Arbres plantés (n)			841538	174 000	768 893	441 917					2226348
Plantations (ha)	220							370,3		355	945,3
Haies vives (m)						14 526		4659			19185
Végétal. herbe (m)								354446	68428		422874
Brise-vent (m)								5458			5458
Bandes enherbées (m)								48310			48310,4
Végétal. ligneux (m)								85124	2948		88072
Fosses fumières (n)			28 479		22 246	223		2075			53023
Fertilisation (ha)			8 427					5545,3	37720 charrettes		13972,3
Ravines traitées (n)			6			59		177			242
Foyers améliorés (n)						1065					1065
Producteurs formés (n)			11 936				5588	3390		100	21014

Les résultats montrent que les cordons pierreux et le zaï constituent les mesures physiques de conservation des sols les plus utilisées dans la zone d'étude (Tableau 10). Les superficies aménagées en cordons pierreux sont de 222 726 ha contre 163 904 ha pour le zaï. Les diguettes en terre (184 094 ha), réalisées par le GERES, puis le FDR/FEER et autres ont été abandonnées dans les années 1990. Ces techniques sont suivies de loin par les demi-lunes (1 997 ha), le paillage (4 067 ha) et les digues filtrantes (13 652 en nombre). 6 937 ha aménagés en diguettes en terre ont pu être végétalisés contre 18 000 ha de semis d'herbacés. La végétalisation herbeuse est de 422 874 m contre 88 072 m pour la végétalisation à l'aide des ligneux. Des mesures complémentaires telles que l'apport de la fumure organique sous forme de fumier ou de compost sont également envisagées. On note à ce propos la diffusion des fosses compostières ou fumières pour la fabrication de la fumure organique. Le nombre de fosses réalisées s'élève à 51 979 avec une fertilisation de 13 972,3 ha. Les techniques agroforestières ont été également vulgarisées. Ces réalisations sont peu nombreuses. Ainsi, 5 458 m de brise-vent ont été réalisés contre 48 310 pour les bandes enherbées et 19 185 m de haies vives. On note le reboisement de 943 ha et 2 226 348 arbres plantés dans les champs individuels.

Bien que ces aménagements soient relativement importants, leur superficie reste faible par rapport aux superficies cultivées. En effet selon le rapport de la Direction Régionale de l'Agriculture du Centre Nord, les aménagements ne couvrent que 30% des superficies cultivées. L'adoption de ces techniques entraîne une réduction des superficies cultivées habituellement, du fait de leurs exigences en main d'œuvre et des moyens de transport.

II. Impact socio-économique des techniques LCD

1. Introduction

La présente section fait la synthèse des résultats des activités du volet socio-économique. Les objectifs du volet socio-économique sont : (i) de faire l'analyse de la situation des interventions (des services étatiques, des projets, des ONGs, des groupements et associations paysannes) dans le domaine de la lutte contre la désertification, afin d'en dégager les motivations réelles, les approches développées, les acquis et les écueils relevés lors de l'exécution des projets et (ii) d'analyser les performances techniques et les exigences socio-économiques de quelques techniques vulgarisées.

Le rapport s'articule autour de six points :

- a. ***les motivations et approches des intervenants*** : il y est présenté et analysé les motivations et les approches développées par les divers intervenants dans le domaine de la lutte contre la désertification ;
- b. ***Les atouts et contraintes des techniques LcD*** : dans cette section, les différents impacts des techniques sont analysés, ainsi que les contraintes que les techniques LcD imposent aux producteurs qui les adoptent. A la lumière de ces données, une classification préférentielle des techniques faites par les producteurs est présentée de même que la contribution des paysans innovateurs dans l'amélioration des techniques de LcD et dans leur diffusion ;
- c. ***L'analyse micro-économique des techniques de LcD en milieu paysan*** : elle fournit des indications chiffrées sur les coûts et les bénéfices associés aux techniques LcD ;
- d. ***la conclusion***, qui donne les implications de politique des résultats et les perspectives tant de politique que de recherche.

2. Motivations et approches des intervenants

- **Les Motivations**

Les motivations données par les différents intervenants dans le domaine de la lutte contre la désertification sont identiques et partent de la même problématique générale : les pays sahéliens sont confrontés depuis plusieurs décennies à un processus récurrent de désertification et de dégradation de leurs ressources naturelles et de l'environnement. D'ailleurs, la stratégie dite de Nouakchott élaborée en 1984 invitait tous les membres du CILSS à se doter d'un plan directeur de lutte contre la désertification ; elle est entrée en vigueur au Burkina Faso à partir de 1986 avec l'élaboration du Plan National de Lutte contre la Désertification (P.N.L.C.D) et tous les intervenants respectent l'esprit de ce plan national (Somé, 2002).

Le processus de désertification et de dégradation des ressources naturelles qui s'amplifie chaque année est dû à la conjonction de facteurs climatiques (faiblesse et irrégularité spatio-

temporelle des pluies, forte évapotranspiration, ...) et anthropiques (besoins croissants des populations, forte pression foncière et animale, défrichements abusifs). Cette situation a eu pour conséquence, la baisse de la fertilité des sols et de la productivité agricole, une plus grande pression sur les ressources (pénurie en terres de cultures et une forte diminution des pâturages naturels et des ressources forestières). Elle a pour corollaire un déficit céréalier et une insécurité alimentaire chronique ainsi qu'une paupérisation croissante des populations.

C'est dans le cadre de la recherche de solutions que les partenaires du développement interviennent avec des objectifs spécifiques souvent convergents. Ces partenaires, par l'intermédiaire des projets et ONGs, orientent surtout leurs interventions dans les actions de Défense et Restauration des Sols (DRS) et de Conservation des Eaux et Sols (CES) par la construction d'ouvrages tels que les cordons pierreux, les digues filtrantes, les demi-lunes, les diguettes, les haies vives, les reboisements et le zaï.

Les activités de ces projets s'étendent parfois à la formation, à l'éducation et à la sensibilisation des populations bénéficiaires, nécessaires pour une bonne appréhension des objectifs à atteindre.

Les motivations et les objectifs des différents intervenants sont toujours de lutter contre la désertification mais les méthodes, approches et stratégies n'ont pas souvent été à même de produire les effets escomptés à cause : (a) de la surcharge des producteurs (plusieurs intervenants dans le même village) qui finit par produire de la lassitude au niveau des paysans; (b) des difficultés de cohabitation dans certains villages entre certains groupes (groupements Naam et groupements CRPA par exemple), (c) l'insuffisance d'implication des producteurs dans la conception et la réalisation de certaines activités et en conséquence la non-durabilité de certaines actions initiées par des ONG (surtout les actions de reboisement par exemple).

- **Les approches utilisées**

Approche directive ou *top-down*

Les premières tentatives d'actions de lutte contre la désertification ont plutôt relevé de l'interventionnisme colonial d'abord (Groupe Européen de Restauration des Eaux et des Sols (GERES) dans les années 60) et étatique ensuite. L'approche de type vertical 'top-down' développée par la plupart des intervenants fait que les populations « assistaient passivement à leur développement », qui était pensé, décidé, exécuté d'abord par les colonisateurs (cas du GERES-Volta) et par l'Etat plus tard (FDR actuel FEER). Dans certains villages des contradictions et un manque de coordination sont apparus dans les approches avec la prolifération d'intervenants dans le domaine de la lutte contre la désertification ; cela a fini par produire un sentiment de lassitude du côté des producteurs. Une décennie plus tard, l'érosion du sol dans la zone d'intervention était encore préoccupante, par suite d'un manque de maîtrise des ouvrages sur le long terme, d'un manque d'entretien et du fait de l'absence de consultation et d'implication des populations locales.

Pourtant, la désertification et la dégradation des ressources naturelles étant une conjonction de facteurs climatiques et anthropiques, une recherche de solutions ne saurait être fructueuse sans la participation des populations à la base. Une demande formulée par les producteurs eux-mêmes aurait pourtant eu plus de chance de réussite parce que gage de l'engagement des bénéficiaires qui deviennent du même coup des acteurs.

Approche globale

L'approche globale a pour objectif d'engager les populations, les services et les projets dans la lutte contre la désertification, par la promotion de la participation active des populations. Ainsi les résultats quantitatifs des différents aménagements, ne deviennent pleinement significatifs que par référence aux critères de la participation des populations. Ces critères sont le degré de reproduction des techniques proposées par les intervenants, le degré de prise de responsabilité des producteurs et de leurs organisations et le progrès des capacités d'auto-développement.

L'approche globale repose sur cinq principes qui sont : l'intégration, la concertation, la définition d'un cadre spatial, la création d'un cadre institutionnel, et la flexibilité de l'assistance. Elle doit intégrer les besoins immédiats et les objectifs des populations, les acquis techniques des populations, services ou projets, sans oublier les ressources humaines locales. Ce principe n'est pleinement applicable qu'avec la concertation de tous les partenaires à chaque niveau.

Le principe de concertation est fondé sur la participation de la population et s'exerce à plusieurs niveaux : inter et intra-collectivité ou entre les différents intervenants, entre l'ensemble des services et organismes de promotion du monde rural et les populations cibles. L'approche globale doit s'exercer dans un cadre spatial défini tel que le village ou la région. Selon le cas, on l'appelle approche villageoise (AV) ou approche régionale.

L'approche globale s'exerce aussi dans un cadre organisationnel qui a pour fonctions l'analyse, la conception, la formation, la coordination et la mise en oeuvre des moyens et des actions. Il est indispensable d'assurer une flexibilité, aussi bien de l'assistance technique, que de l'assistance financière.

L'approche globale oblige l'intervenant à proposer à la communauté villageoise un paquet de technologies et de mesures socio-économiques qui répondent aux besoins immédiats du village. Par exemple, l'intervenant doit fournir un forage positif aux villageois avant de leur parler d'ouvrages anti-érosifs, si le problème de manque d'eau a été retenu comme prioritaire.

Approche participative

L'approche participative est un processus à travers lequel les partenaires acteurs concernés influencent et partagent le contrôle des initiatives de développement, les décisions et les ressources qui les affectent. Elle concerne différents acteurs (populations, ONGs, services techniques...) et s'exerce à différents niveaux: collectivité rurale, organismes d'intervention et structures décentralisées de l'administration publique. Les approches participatives se sont développées à la suite du constat d'échec des méthodes directives ou "top down approach" et dans un contexte de libéralisation économique et de démocratisation.

Depuis 1980, les projets et programmes sont passés par plusieurs types de participation, de façon séquentielle ou combinée: passive, informative, consultative, par des incitations matérielles, fonctionnelle, inter active, self-mobilisation. Les projets et programmes sélectionnés pour la présente étude, ont tous utilisé l'approche participative, avec quelques variantes.

La FNGN mobilise, sensibilise la population en se servant des outils comme la MARP, les photographies aériennes et les cartes. Elle incite ensuite au travail par des mesures

d'accompagnement, sous des formes diverses et variables: travail contre nourriture ou rémunéré, construction d'infrastructures socio-économiques, fourniture d'équipement agricole, etc.

Les projets PAE et CES/AGF utilisent la démarche de la participation inter-active qui amène la population à prendre conscience de la dégradation de son environnement et du rôle qu'elle peut jouer, en lui faisant visiter des réalisations d'autres paysans. Elle permet le choix des techniques par les groupements villageois de producteurs (GV) assistés par les Directions Régionales de l'Agriculture (DRA). Elle propose la signature d'un contrat collectif pour l'organisation et l'exécution des travaux. Elle organise la formation des formateurs. Les outils participatifs, utilisés par PAE et CES/AGF, sont les mêmes que ceux de la FNGN, à savoir le diagnostic participatif, les photographies et les cartes. Le PFSA qui utilise également la méthode dite "participative" se situe en réalité à mi-chemin entre la méthode directive et l'approche participative, telle que décrite plus haut.

En effet, l'Etat décide de fixer les jeunes sur leur terroir en récupérant et en mettant en valeur des terres dégradées. Les populations ne sont impliquées qu'au moment où le Projet et les décideurs arrivent dans leurs villages pour les aménagements. Leur participation consiste en la réalisation et à l'entretien des ouvrages.

Ces approches ont été dynamiques dans le temps, mais comportent toujours des insuffisances qui se sont traduites dans certains cas, par le non-entretien, le délaissement, la mauvaise gestion, la destruction même des acquis et le faible niveau d'adoption des techniques.

La plupart des structures rencontrées disent avoir adopté une approche participative qui induit une responsabilisation plus grande des populations. Pourtant, leurs interventions s'effectuent à partir de constats faits par les intervenants (tout au moins au début) ou à partir de demandes spontanées des populations. Les activités sont conduites sans toujours intégrer le souci de pérennisation des acquis ou de responsabilisation des bénéficiaires ; le constat est souvent du type *« il a manqué à la phase I du projet, une vision d'ensemble des activités, une approche participative vis-à-vis des exploitants et un travail de formation/sensibilisation approfondi auprès des organisations paysannes »*.

Ces insuffisances d'approches expliquent souvent les résultats qu'on qualifie de mitigés. Selon le PPCR (Projet de Petits Crédits Ruraux) « malgré les efforts déployés durant la première phase du projet, les bases d'un élevage durable n'ont pas été restaurées dans le Soum » (Rapport d'évaluation PDES II, oct. 1999, p.1).

Face aux insuffisances constatées dans l'impact des projets relevant de l'environnement de façon générale (impact technique mais surtout social), plusieurs intervenants ont révisé leurs approches, en impliquant davantage les populations (approche participative), perçues dans certains cas comme étant des bénéficiaires et non des acteurs. Le problème de la réelle participation se trouve ainsi posé pour l'exécution de certains projets.

Depuis récemment toutefois, à la force des expériences et des échecs, sont nées dans presque toute la zone concernée, des élites locales qui conçoivent, négocient, exécutent, suivent et évaluent leurs activités financées par des partenaires, qui ne jouent alors que le rôle de conseils.

Cette nouvelle approche (participative) est en cours dans certains projets ou ONGs travaillant avec des organisations ou associations paysannes familiaires du cadre organisationnel et de négociation de projets. Elle repose sur la responsabilisation des communautés dans l'initiation, le développement et l'exécution des activités de lutte contre la désertification. Un certain nombre d'outils et de démarches méthodologiques sont élaborés, en vue de permettre

une meilleure sensibilisation/implication des populations et des différents acteurs à l'ensemble du processus. Ce processus est souvent basé sur : (a) l'engagement des populations, (b) la collaboration avec les partenaires d'exécution, (c) la mise en place d'un cadre organisationnel et (d) la concertation avec les partenaires et bien sûr (e) l'appui financier dont les populations peuvent bénéficier.

3. Atouts et contraintes des techniques LcD

L'application des techniques LcD dans la zone nord du Burkina Faso se fait avec plus ou moins de succès et sous certaines contraintes. Leurs effets, bien que souvent difficilement mesurables dans leur intégralité dans le court terme, sont perceptibles au prix d'exigences économiques et sociales. Ces effets vont de l'accroissement des rendements et de la sécurité alimentaire, des revenus et des investissements ; ils sont également perceptibles en termes de dynamique sociale et au regard des mouvements de population. Leur impact sur les femmes, une catégorie spécifique de la population, est incontestable ; il en va d'ailleurs de même pour les éleveurs Peulh dans certaines zones aménagées.

En contre-partie, la pratique de ces techniques implique la satisfaction de contraintes au triple plan technique, économique ou social.

3.1. Impacts socio-économiques des techniques LcD

- *Rendements agricoles et sécurité alimentaire*

Les effets des techniques LcD sur les rendements sont positifs. Toutefois, il est important de relever en préalable que les techniques LcD sont rarement appliquées individuellement. En général, les producteurs les combinent en vue d'en bénéficier des effets synergiques. C'est le cas du zaï avec cordons pierreux, des cordons pierreux avec bandes enherbées, du zaï-cordons pierreux avec régénération naturelle assistée. Wright (1985) rapporte des accroissements de rendements de petit mil de 47% sur cordons pierreux espacés de 10 à 50m tandis que Kaboré et al. op.cit (1994) indiquent un accroissement du rendement de sorgho sous cordons pierreux de 11%. Vlaar (1992) a même enregistré un doublement de rendement sur les parcelles sous cordons pierreux. Le PATECORE a enregistré en champs paysans (province du Bam) une hausse spectaculaire des rendements de 75% à 133% selon le type d'ouvrage comme indiqué dans le **Tableau 11**.

Tableau 11 : Rendements comparés des ouvrages

Type d'ouvrage	Avant aménagement (kg/ha)	Après aménagement (kg/ha)	Différentiel (kg/ha)
Cordons pierreux	300	700	400
Diguettes filtrantes	350	650	300
Digues filtrantes	400	700	300

Source : Evaluation des aménagements anti-érosifs dans le cadre du PATECORE : Analyse de cas dans 6 terroirs villageois, p. 73.

En outre, Hullugale *et al.* (1990) et Maatman *et al.* (1998) indiquent que les rendements se trouvent accrus lorsque les techniques sont combinées. Ainsi, Kaboré (2001) a trouvé que le zaï seul a permis d'accroître les rendements de sorgho de 310 kg/ha dans le village de Donsin (province du Namentenga) où les producteurs venaient d'adopter cette technique tandis que sa combinaison avec les cordons pierreux assurait un accroissement de 710 kg/ha par rapport au témoin.

Les producteurs, sans pouvoir exprimer de tels effets en unités standard (kilogrammes), expliquent clairement tout l'avantage des techniques appliquées. Ils reconnaissent dans leur ensemble que des techniques comme le zaï ont contribué à doubler ou même à tripler les rendements de céréales¹. Ceci a eu pour effet d'assurer une sécurité alimentaire sur une période plus grande de l'année : 8-9 mois en cas de mauvaise pluviométrie et de 12 mois en cas de bonne pluviométrie. D'ailleurs, certains arrivent à constituer un excédent de production sur quelques années.

- ***Revenus et épargne-Investissement***

Revenus : L'apparition d'un surplus de production a rendu possible dans certains cas, la constitution de revenu basé sur la vente d'une partie de cet excédent. De même, la réduction des achats de céréales qu'aurait dû entraîner un déficit de production a conduit à une augmentation de revenus.

En outre, par suite de l'amélioration de la fertilité du sol apportée par les techniques de LcD comme le zaï et les cordons pierreux, des cultures de rente qui avaient disparu font progressivement leur réapparition ; tel est le cas du niébé et le sésame sur le Plateau Central du Burkina Faso (Yatenga, Zandoma, Sanmatenga, Bam).

D'autres sources collatérales de revenus se sont développées avec la pratique de certaines techniques comme le zaï. En effet, un marché de travail pour le creusage de trous (1-5 FCFA/trou creusé) et un autre de fumure organique sont apparus de même que celui de location d'équipement de transport (charrettes pour ceux qui n'en possèdent pas). Les enquêtes menées dans 12 villages par Kaboré (2003) indiquent que les nouvelles activités nées des techniques LcD contribuent à l'amélioration des revenus agricoles de 25-40%.

Au total, les techniques de LcD ont eu pour effet d'accroître et de diversifier les revenus des producteurs qui les pratiquent.

Epargne-investissement : Le surplus agricole dégagé permet aux producteurs de ne plus acheter de céréales pour couvrir leurs besoins alimentaires ; ils peuvent disposer de cet argent ainsi considéré comme une épargne à d'autres fins, en particulier à l'achat d'animaux. En effet, l'achat d'animaux est la forme d'investissement la plus courante pour les producteurs interrogés. Achétant moins de céréales, ils vendent de plus en plus de leurs excédents céréaliers et investissent dans l'achat d'animaux² non seulement comme source d'épargne et de liquidité future mais aussi de fertilité des sols (Ouedraogo, 2001).

Les producteurs interrogés ont fréquemment indiqué que le nombre d'animaux par ménage a sensiblement augmenté dans le village depuis l'adoption des techniques LcD : « tout cela n'a été possible que parce qu'il y a eu excédent de céréales d'une année à l'autre » avouent-ils.

- ***Migration***

La réduction de l'exode rural est la conséquence de l'augmentation des taux de rendements agricoles rendue possible par les aménagements. L'exode des jeunes vers d'autres lieux pour de meilleures conditions a diminué et même que des retours d'anciens émigrés (partis dans les

¹ L'accroissement des rendements mesurés par les chercheurs et les services de suivi-évaluation des projets est toutefois plus faible. Ceci s'expliquerait par (a) la différence des témoins utilisés, (b) la méthode de mesure des rendements et (c) la perception plus globale de l'impact des techniques qu'ont les producteurs (Ouedraogo, 2001).

² Les petits ruminants sont acquis avant les bovins à la fois pour des raisons techniques et pratiques ; les bovins sont plus difficiles à entretenir et les petits ruminants sont appréciés pour la facilité et la discrétion avec lesquelles le producteur peut les transformer en liquidité.

années 80) dans les zones de Bobo, Fada, Zorgho sont progressivement enregistrés³. Certains jeunes ont déclaré lors des entretiens qu'ils ne comptaient pas se rendre ailleurs pour chercher du travail parce qu'ils ont désormais suffisamment à faire au village étant donné les aménagements (cordons pierreux, zaï, digues filtrantes,...) qu'ils pourraient réaliser en vue d'augmenter le rendement de leurs champs.

- ***Organisations des producteurs***

Un acquis important est la prise de conscience des populations des effets néfastes de la désertification et la nécessité pour eux de mieux s'organiser pour combattre l'ensemble de ces effets. Ce cadre organisationnel dans lequel vont travailler les populations est d'abord un tremplin de transfert de connaissances et de technologies entre les différentes parties prenantes dans la lutte contre la désertification ; l'amélioration des institutions locales contribuerait favorablement à la réduction de la pauvreté en milieu rural (Donnelly-Roark *et al.* 2001).

Un renforcement des organisations villageoises et un meilleur fonctionnement traduisant souvent une cohésion sociale plus forte ont aussi été observés dans certains villages.

Toutefois, le problème de la représentativité des groupements villageois et donc de la participation des producteurs constitue un obstacle sociologique dans certaines communautés villageoises.

En effet, les paysans organisés en groupements sont souvent les plus influents et les autres ne se sentent pas concernés. En apparence, il existe une forme de participation aux travaux d'aménagement mais il se pose aujourd'hui plutôt la question de savoir si tous les ménages ont accès aux groupements.

D'un autre côté, on a observé la présence de ménages défavorisés (marginalisés) qui sont peu ou pas impliqués dans les groupements. Ces ménages sont constitués de vieilles personnes, de veuves et de ménages économiquement démunis. D'autres ménages n'appartenant pas à des groupements (ou faiblement impliqués) pour lesquels le processus du groupement n'est pas assez rapide et efficace optent alors pour des actions individuelles de construction d'ouvrages anti-érosifs et se positionnent comme des ménages innovateurs.

- **Impact selon le niveau de richesse, réduction de la pauvreté et impact sur les groupes spécifiques**

L'introduction des techniques de LcD comme toute action de développement a toujours des effets dont la distribution est variable en fonction du niveau de richesse du producteur et de la spécificité du groupe (femmes et Peulh dans le Plateau Central).

Afin de mieux cerner l'impact des techniques, les ménages ont fait l'objet de classification lors des enquêtes MARP ; une telle classification faite selon des critères de richesse définis par les paysans du village, comporte les riches, les moyens et les pauvres (démunis)⁴.

Impact selon le niveau de richesse : Pour les aménagements collectifs (cordons pierreux et digues filtrantes) effectués avec l'appui de certains projets comme le projet CES/AGF⁵, on

³ Il est toutefois difficile de dire que les retours au village sont dus aux aménagements ; ils pourraient s'expliquer par le relatif échec des émigrés dans les terres d'immigration.

⁴ Les critères vont du nombre d'animaux possédés, de la bonne qualité des terres cultivées et des équipements (pour les riches et les moyens) au faible niveau de sécurité alimentaire et à la non-possession d'animaux pour les pauvres.

constate que les effets (amélioration de la nappe phréatique et du fourrage) profitent pratiquement à tous dans le village.

Toutefois, l'impact des techniques de LcD sur la sécurité céréalière est plutôt différencié : les plus riches ménages qui sont capables de mobiliser plus de main-d'œuvre et de ressources financières ont été à même de profiter davantage des techniques LcD que les ménages démunis. Selon Reij et al. (2003), outre le fait que ce sont les riches qui assurent leur sécurité céréalière, ce sont les mêmes qui épargnent davantage à travers l'achat d'animaux (surtout de bovins) ; les moyens atteignent la sécurité céréalière en année normale mais affichent un déficit de quelques mois en mauvaise année. Quant aux pauvres, leur déficit céréalière est quasiment chronique même si la longueur de la période de soudure s'est considérablement réduite. En fait, les démunis bénéficieraient des aménagements collectifs faits par les groupements mais ne disposent pas de moyens suffisants pour mettre ces aménagements en valeur car il leur manque souvent de la fumure organique ou de la main-d'œuvre familiale tandis que les plus nantis optimisent leur production à la faveur de plus d'intrants et d'équipements (Ouédraogo, 2001).

Réduction de la pauvreté : La réduction de la pauvreté due aux techniques LcD est sensible dans les villages qui ont une longue expérience des techniques CES. Dans les villages de Ranawa (province du Zondoma), Ziga (province du Yatenga), Noh (province du Bam) et Kaartenga (province du Sanmatenga), le pourcentage de ménages pauvres est relativement bas (entre 25% et 32%) en comparaison avec les 61% d'incidence de la pauvreté dans le nord du Plateau Central selon les statistiques nationales fournies par l'INSD. A Ranawa, le nombre de pauvres a diminué de 50% entre 1980 et 2001 (période d'application des techniques LcD dans le village) selon des personnes ressources.

Par contre, les villages du Yatenga (Tagalla et Sabouna), malgré leur expérience de techniques LcD, connaissent des pourcentages élevés de pauvres. Une telle situation serait due à la pauvreté des ressources naturelles dans ces villages (Reij, 2003 et al. op.cit.). Les paysans du Yatenga estiment généralement que les techniques ont contribué à réduire la pauvreté en milieu villageois.

Impact sur les femmes : Les femmes jouent un rôle de premier plan dans le système de production des ménages villageois ; en particulier elles contribuent à la pratique des techniques de LcD en ce qu'elles participent activement à la construction des cordons pierreux (ramassage des moellons) et à la fabrication de la fumure organique (arrosage des fosses fumières) et à l'entretien des arbres plantes par arrosage. Ce faisant, il est légitime de se demander quel est l'impact des techniques sur cette catégorie d'acteurs du ménage.

Les enquêtes MARP ont révélé que l'impact des techniques LcD sur les femmes est contrasté :

- l'augmentation des rendements tant sur les champs familiaux que sur leurs petites parcelles (*béolsé*) a contribué à améliorer la sécurité alimentaire dont elles sont en partie responsables ;
- l'accroissement de leur revenu dû à l'amélioration des rendements agricoles ceci leur permis d'épargner plus et donc d'investir davantage dans l'achat d'animaux ;
- la réduction de la corvée d'eau grâce à la plus grande disponibilité en eau imputable à la remontée de la nappe phréatique.

⁵ Projet de Conservation des Eaux et des Sols /Agro-Foresterie dans le nord du Plateau Central financé par le Fonds International pour le Développement Agricole (FIDA).

Toutefois, dans certains cas, les femmes ont reconnu que la lutte contre la désertification a eu tendance à augmenter les distances parcourues pour la collecte de bois⁶ et à accroître leur charge de travail due à leur participation à la construction des cordons pierreux et l'arrosage des fosses fumières. En outre, le statut social de la femme fait que celle-ci ne profite pas pleinement des techniques LcD ; la femme exploite les terres les plus dégradées, n'a pas accès aux intrants comme la fumure organique (dont la production, déjà insuffisante, est seulement utilisée sur les champs collectifs) et ne possède pas d'équipement. En conclusion, on constate que si la femme connaît un impact globalement positif des techniques LcD, son statut social n'est guère influencé par celles-ci.

Impact sur les Peulh: Spécialisés dans l'élevage transhumant, les Peulh vivent traditionnellement en symbiose avec les agriculteurs sédentaires dont ils ont souvent la charge de la garde des animaux (surtout les bovins), et assurent le fumage des champs de culture (par parcage direct) contre paiement en céréales.

Avec l'adoption des techniques de LcD par les agriculteurs, on observe des changements substantiels dans le système de production agricole et dans les relations agriculteurs et éleveurs Peulh. Le changement consiste pour les agriculteurs à reprendre leurs animaux pour profiter de la fumure organique dont ils ont de plus en plus besoin et les contrats de fumage des champs par parcage direct, ont tendance à disparaître. En conséquence, les Peulh ressentent les effets de tels changements de manière contrastée : d'une part les Peulh disent être devenus au mieux de simples gardiens (bergers) des animaux des agriculteurs qui seraient devenus plus riches depuis l'adoption des techniques de lutte contre la désertification. Au pire, ils ont vu le nombre de bovins confiés par les agriculteurs décroître, ce qui tend à réduire la quantité de lait à consommer et/ou à vendre.

D'autre part, ils bénéficient :

- a. du produit de la vente de fumier (dont le prix varie entre 1000 et 2500FCFA/ charrettée) ; toutefois, dans certaines parties du Plateau Central (Yatenga-Zonoma)
- b. du pâturage en plus grande quantité (plus grande biomasse et plus grande diversité des espèces appréciées) et de meilleure qualité sur les terres aménagées⁷ (ce qui les met à l'abri de la nécessité de faire de la transhumance pour rechercher le pâturage et l'eau) ;
- c. d'un taux d'échange lait/céréale plus favorable grâce au gain de productivité accumulé par les agriculteurs suite à l'adoption des techniques LcD⁸.

3.2. Exigences techniques et socio-économiques des techniques LcD

Les techniques LcD ont des exigences d'ordres divers : exigences en main-d'œuvre, en matière organique, en terre et exigences en financement pour l'équipement.

⁶ Les femmes ont indiqué que les efforts consentis dans les villages pour une meilleure gestion des ressources naturelles se traduisant par l'interdiction de la coupe de bois les obligent à aller plus loin pour obtenir du bois de chauffe.

⁷ Il est fait allusion ici à la construction à grande échelle des cordons pierreux selon les courbes de niveau effectuée par le projet CES/AGF ; même les terres qui ne sont pas sous culture (jachère, terres abandonnées parce que dégradées,...) font l'objet d'aménagement en vue de favoriser la récupération plus rapide de l'ensemble du terroir.

⁸ Les Peulh ont clairement fait savoir que ce taux devient sensiblement moins intéressant en année de mauvaise récolte : il faut alors plus de lait pour obtenir la même quantité de céréales.

3.2.1. Charge de travail

La construction des cordons pierreux exige beaucoup de temps pour le ramassage, le transport et l'alignement des moellons selon les courbes de niveau. Kaboré (1993) indique un nombre d'heures de travail variable selon que les cordons sont faits individuellement ou collectivement : de l'ordre de 97 heures par ha dans l'hypothèse où les cordons sont construits par les membres de la famille avec des moellons à courte distance, la main-d'œuvre estimée par ha atteint 673 heures par ha en moyenne lorsqu'il s'agit de construction collective généralement financée par des projets de développement (comme CES/AGF) ou des ONGs.

Une telle exigence en main-d'œuvre est due à d'autres contraintes comme la distance de plus en plus grande à parcourir pour collecter les moellons. La contribution des femmes et des enfants est fortement sollicitée non seulement pour le ramassage mais aussi pour l'alignement des moellons suivant les courbes de niveau.

Quant à la charge de travail induite par le zaï, elle se décompose en main-d'œuvre pour le creusage de trous, la fabrication et le transport de la fumure organique et son épandage dans les trous. Le **tableau 15** fournit des indications chiffrées sur la main-d'œuvre requise pour la pratique du zaï. Plus de 900 heures sont nécessaires pour la confection d'un ha de zaï dont 600 pour le creusage et la mise en poquet de la fumure organique. Cette exigence est d'autant plus contraignante que les superficies à aménager sont grandes. Ce qui explique la faible superficie traitée en zaï, soit environ 0,25 ha par an et par ménage. Les exigences en main-d'œuvre sont même plus grandes pour les demi-lunes qui sont comparées par les producteurs à des mini-bassins plus difficiles à creuser.

3.2.2. Matière organique pour zaï et demi-lune

Le zaï et la demi-lune exigent plus que de la main-d'œuvre ; il faut en outre de la fumure organique qui n'est pas toujours disponible en quantité suffisante pour traiter de grandes superficies dégradées. Il s'en suit alors la nécessité de stabuler les animaux (au moins partiellement) et/ou de confectionner des fosses fumières pour produire de la fumure organique. Etant donné les quantités de fumure organique requises à l'ha (plus de 5 tonnes pour le zaï et probablement plus pour la demi-lune) les producteurs connaissent des difficultés pour adopter le zaï et la demi-lune.

3.2.3. Tenure foncière et aménagements anti-érosifs

Les terres appartiennent à des lignages qui les gèrent ; sur les champs empruntés les aménagements techniques comme les cordons pierreux et la plantation d'*Andropogon gayanus* sont tolérés. En revanche, les plantations d'arbres, synonymes d'appropriation ne peuvent se faire sans l'accord préalable du propriétaire. C'est dire que la tenure foncière qui prévaut n'entrave pas gravement les aménagements. Toutefois, le droit foncier est défavorable aux femmes puisqu'elles ne peuvent généralement obtenir de parcelle qu'avec l'accord du mari.

3.2.4. Insuffisances d'équipement

La pratique des techniques nécessite l'utilisation d'équipements. Pour le zaï et les demi-lunes, la fabrication de fumure organique exige du matériel pour le transport de l'eau pour l'arrosage des fosses compostières et le transport de cette fumure au champ. Quant aux cordons pierreux, il est de notoriété que le transport des moellons est hors de portée des producteurs, notamment lorsqu'il s'agit de grandes distances à parcourir.

C'est d'ailleurs la raison pour laquelle des projets, comme CSE/AGF, ont consenti à financer des travaux collectifs pour la construction des cordons pierreux dans les terroirs de plusieurs villages du nord du Plateau Central du pays⁹.

3.3. Evaluation (classification préférentielle) des techniques LcD par les producteurs

Dans le Sahel burkinabé (provinces du Soum et du Séno), la régénération du couvert végétal, le fourrage, l'accroissement des revenus et la reconstitution des pâturages constituent les critères les plus importants dans l'adoption des techniques proposées. Les problèmes de la gestion des eaux et du potentiel d'accroissement des rendements agricoles sont une préoccupation des producteurs mais viennent au second plan. Cette classification est justifiée par le niveau de désertification plus avancé dans cette partie du pays. D'ailleurs, de tels critères ont amené les producteurs à préférer la reforestation (reboisement), la régénération naturelle assistée et les cordons pierreux, à d'autres techniques comme le zaï qui se prête mal à des sols plutôt sableux.

Plus au sud au Yatenga-Zondoma, Namentenga, Sanmatenga, et Bam, les producteurs préfèrent les cordons pierreux végétalisés associés avec le zaï, les cordons pierreux et le zaï individuel. On observe une percée de la RNA (régénération naturelle assistée) qui accompagne souvent les cordons pierreux et le zaï¹⁰. De toute évidence, la défense et la restauration des sols est prioritaire dans cette partie du pays où la dégradation des sols est souvent très sévère.

3.2. Contribution des producteurs à l'amélioration des techniques LcD

Dans certains villages du nord du Plateau Central (Yatenga-Zondoma, Sanmatenga) existent des paysans qui ont non seulement adhéré aux techniques LcD mais ont réussi dans certains cas à les améliorer. Ces paysans dits innovateurs « font spontanément des expérimentations sur des techniques de gestion de l'eau, des sols et de la biomasse » (Ouédraogo, 2001). Pratiquement pauvres il y a 15-20 ans, c'est-à-dire avant d'adopter les techniques, ils sont en passe de constituer une élite relativement riche. Ils ont réussi à progressivement étendre leurs champs en réhabilitant les terres dégradées et à développer des systèmes agro-sylvo-pastoraux performants. Leur volonté à partager leurs expériences avec les autres paysans les a conduit à créer un réseau de paysans innovateurs et une école de zaï.

4. Analyse micro-économique des techniques de LcD en milieu paysan

A titre illustratif, il est présenté quelques exemples qui donnent les informations micro-économiques relatives aux aménagements anti-érosifs et au zaï.

4.1. Aménagements anti-érosifs.

Les informations recueillies auprès des bénéficiaires des aménagements et les coûts de transports évalués par le PATECORE en 1990 (**Tableau 12**), indiquent des coûts de l'ordre de

⁹ Les projets contribuent souvent pour le transport en fournissant les camions et du matériel comme les brouettes, les gants, les pics et les barres à mine. Cette option s'avère toutefois plus coûteuse que l'option individuelle (quand le producteur construit les cordons pierreux avec sa famille) au cas où les moellons sont à une distance raisonnable (voir Kaboré, 1993, op. cit.).

¹⁰ On note une réapparition de certaines espèces d'arbres qui avaient disparu grâce (a) aux graines apportées par les eaux et disséminées dans les champs sous cordons pierreux (b) aux graines contenues dans la fumure organique placée dans les trous de zaï. Les producteurs ont un engouement particulier à protéger de telles espèces qu'ils n'ont jusque là connues que de nom.

32 000 FCFA par ha aménagé (pour les cordons pierreux) à 49 000 FCFA (diguettes filtrantes) et 100 000 FCFA (digues filtrantes).

Tableau 12 : Coûts des aménagements auto-érosifs

Types d'ouvrages	Coûts en FCFA	Longueur (m)
Cordons pierreux	32 000	145
Diguettes filtrantes	49 000	133
Digues filtrantes	100 000	145

Source : Evaluation des aménagements anti-érosifs dans le cadre du PATECORE : Analyse de cas dans 6 terroirs villageois, p. 70.

Sur le plan financier, des techniques anti-érosives, les cordons pierreux sont les ouvrages qui réalisent le plus gros bénéfice à prix égal de la vente du sorgho. Il faudra dans le cas des digues filtrantes un prix de vente de plus de 300 FCFA/kg, et un prix de plus de 160 FCFA/kg dans le cas des diguettes filtrantes, pour réaliser un bénéfice quelconque et ceci dans l'hypothèse qu'aucune autre charge ne s'ajoute aux coûts d'aménagement. Toutefois, la construction des cordons pierreux nécessite souvent le concours d'une ONG ou d'un projet pour le dessouchage, le transport et le financement des équipements ; ce qui rend les cordons pierreux difficilement accessibles aux producteurs individuels surtout lorsque les moellons sont à une grande distance. Zougmore *et al.* (2000) ont estimé le coût d'un ha de cordons pierreux à 74 300 FCFA dans le cas d'une construction communautaire avec l'aide de projet ou d'ONG contre 40 440 FCFA dans le cas d'une construction familiale (moellons à distance moyenne). Le coût de la construction familiale tombe à 4 850 FCFA/ha lorsque les moellons sont à une faible distance¹¹. Kaboré *et al.* (1993) ont calculé un taux de rentabilité de 112% pour la construction familiale des cordons pierreux contre seulement 6% pour la construction communautaire (avec l'aide de projet) pour un horizon temporel (durée de vie des cordons pierreux) de 20 ans. Zougmore *et al.* op.cit. (2000) ont montré que dans le village de Kirsi (dans le Passoré) l'espacement entre les cordons pierreux sous sorgho, qui maximise la valeur actualisée nette des bénéfices du producteur sur 10 ans varie entre 23 et 45 m. Dans le cas le plus répandu (contribution de projet), cet espacement se situe entre 30 et 43 m.

Les études de Zongo (1999) indiquent des coûts totaux d'investissement de 94 540 F CFA et 114 206 F CFA respectivement pour un aménagement d'un ha en cordons pierreux et en digues filtrantes dans la zone d'intervention du Programme Sahel Burkina (PSB/Danida, province du Yagha) (**Tableau 13**).

Tableau 13 : Coût d'investissement d'une unité de superficie (1ha) aménagée

1 ha aménagé	Main d'œuvre (HJ)	Coût de la main d'œuvre (F CFA)	Coûts totaux d'investissement (F CFA)
Cordons pierreux	17,6	7 040	94 540
Digues filtrantes	23,015	9 206	114 206

(Source : Zongo, 1999)

La main d'œuvre paysanne est exprimée en Homme Jour (HJ) et transportée en argent en raison de 400 F CFA le coût d'opportunité de l'HJ en fonction du SMIG (Kaboré et Lowenberg, 1993). Une journée d'utilisation du camion s'élève à 35 000 F CFA. L'aménagement d'un ha de cordons pierreux nécessite deux journées et demie de travail avec le camion contre trois journées pour les digues filtrantes. Les frais de camionnage sont alors

¹¹ Les moellons dans le meilleur des cas ne sont à faible distance qu'au début ; très rapidement, les distances deviennent plus grandes et les coûts aussi.

estimés à 87 500 F CFA et 105 000 F CFA respectivement pour les aménagements en cordons pierreux et en digues filtrantes.

Le Tableau 14 indique les bénéfices calculés à partir des gains de production observés au niveau de l'évaluation agronomique des ouvrages et les prix des céréales dans les marchés locaux.

Tableaux 14 : Valeur de l'accroissement de production selon les ouvrages

Type d'ouvrage	Spéculation	Prix du kg (F CFA)	Gain de production (Kg/ha)	Bénéfice ou valeur de l'accroissement (F CFA)
Cordons pierreux	mil	145	80	11 600
	sorgho	140	176,3	24 682
Digues filtrantes	sorgho	140	325,5	45 570

(Source : Zongo, 1999)

La valeur de l'accroissement varie selon les sols et les aménagements. Elle est de 45 570 F CFA sur un sol de bas-fond aménagé en digues filtrantes, de 24 682 F CFA sur sol subaride brun vertique en mi-pente et de 11 600 F CFA sur sol sableux tous aménagés en cordons pierreux. Le rapport coût/bénéfice indique que le temps de valorisation de la main d'œuvre est d'environ une campagne et de trois à 8 ans pour les coûts totaux d'investissement.

4.2. Le Zaï

Le **Tableau 15** présente un budget de production de sorgho en association avec du niébé en année de pluviométrie moyenne. Les coûts variables comprennent l'amortissement des équipements utilisés pour produire le compost, les coûts d'entretien de la fosse compostière, de la vidange de la fosse et de transport du compost aux champs. La rémunération de la main-d'œuvre est de 133 FCFA/heure comparée à un coût d'opportunité de la main d'œuvre estimée à 100 FCFA/h ; en termes de salaire journalier cette rémunération est de 797 FCFA (pour une journée de 6 heures de travail) et est susceptible de fluctuer en fonction des conditions pluviométriques d'une année à l'autre.

Tableau 15 : Budget de production de sorgho-niébé sous zaï, Burkina Faso

Culture		Unités	Quantité	Prix	Valeur
Sorgho	Grains	kg/ha	900	100	90.000
	Tiges	kg/ha	1.665	12	19.980
Niébé	Grains	kg/ha	150	212	31.800
	Fanes	kg/ha	248	15	3.720
A. Revenu Brut					145 500
Coûts Variables					
	Amortissement Equipement	FCFA/ha	9.566		
	Maintenance compostière	FCFA/ha	2.761		
	Vidange compostière	FCFA/ha	739		
	Transport compost	FCFA/ha	5 000		
B. Total Coûts Variables					18 066
C. Marge Brute					127 434
D. Investissements en Main d'oeuvre					
d.1.Main d'oeuvre nécessaire au zaï					
	Creusage zaï	Hrs/ha	450		
	Mise en poquet du compost	Hrs/ha	150		
d.2.Main d'oeuvre pour compostière					
	Creusage compostière	Hrs/ha	96		
	Remplissage compostière	Hrs/ha	78		
d.3.Main d'oeuvre pour semis*					
d.4.Main d'oeuvre pour sarclage*					
d.5.Main d'oeuvre pour récolte**					
d.6.Main d'oeuvre pour transport et stockage					
Total main d'oeuvre à l'ha					959
Rendement à l'heure					133

Source : Kaboré et. al. (2003)

* Basé sur le budget de production de culture de l'ICRISAT et des estimations qualitatives des producteurs

** Basé sur le budget de production de culture de l'ICRISAT uniquement

n.d.: non disponible

5. Poursuite des aménagements au-delà de la fin des projets

Le tableau 16 indique que la poursuite dans le temps des mesures de conservation des eaux et des sols, après la fin des projets, est liée à un soutien extérieur. En effet, 60 à 100% des producteurs interrogés dans les différents villages affirment que les aménagements sont possibles après la fin du projet. Toutefois, les aménagements réellement constatés et réalisés sont beaucoup plus faibles : de l'ordre de 0 à 30%. Ce faible taux effectif des aménagements témoigne que l'avenir de l'aménagement des terroirs reste dépendant d'un appui extérieur. La volonté et les efforts des populations locales restent étroitement liés à l'appui technique et financier des projets. Cette nécessité est un obstacle majeur à la durabilité et à la reproductibilité des actions, au-delà de l'intervention directe de la structure qui a mis en œuvre le projet, après la fin de cette intervention.

Tableau 16 : Réponses des paysans sur la reproductibilité des techniques à la fin des interventions extérieures

Actions entreprises après projet	Bougouré	Tiéblega	Watinoma	You	Sigui-Nonguin	Sô
Aménagements possibles après la fin du projet	100 %	100 %	100 %	64,3 %	100 %	83,3 %
Aménagements réellement réalisés après la fin du projet	3,4 %	26,7 %	0 %	17,9 %	0 %	43,3 %
Entretien des aménagements existants	100 %	93,3 %	73,3 %	50 %	56 %	50 %
Soutien extérieur aux aménagements	100 %	100 %	100 %	57,1 %	90 %	100 %
Appui extérieur pour le reboisement	100 %	93,3 %	100 %	96,7 %	96,7 %	100 %

Source : Somé, 2002. (NB : Bougouré, Tiéblega et Watinoma sont des villages appartenant à la province du Yatenga ; You : village de la province du Lorum (Titao) et Sô : village de la province de Soum (Djibo). L'échantillon des personnes interrogées est composé de 15 hommes et de 15 femmes dans chaque village, soit 180 producteurs dans les six villages).

IV. Impact agro-écologique des techniques

Introduction

La mise en œuvre des techniques LCD a eu pour conséquence une amélioration des conditions agro-écologiques des zones où elles ont été appliquées. L'évaluation de l'impact de ces techniques est restée très limitée et très souvent n'a concerné que le temps d'un projet. Il est apparu alors indispensable de procéder à une analyse plus globale de l'impact agro-écologique des techniques LCD.

1. Les objectifs

L'objectif principal de ce volet du projet est d'évaluer en milieu paysan les performances agro-écologiques de techniques de lutte contre la désertification, nouvellement ou anciennement introduites par des projets de développement, en mettant un accent particulier sur les principaux critères d'efficacité et les limites.

Ses objectifs spécifiques sont de mesurer l'impact des techniques proposées sur :

- l'évolution des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ;
- la dynamique de la végétation des terres dégradées ;
- la productivité agricole des terres de la zone d'étude.

Ceci dans le but de :

- mieux comprendre les conditions d'efficacité des techniques de lutte contre la désertification proposées par les projets de développement ;
- apprécier l'impact réel des techniques vulgarisées sur la réhabilitation des terres dégradées et identifier leurs limites ;
- mettre au point de nouvelles technologies de lutte contre la désertification et proposer des solutions pour l'amélioration de la performance actuelle des techniques vulgarisées.

1.2. Les sites et les techniques étudiées

Les travaux ont été conduits dans cinq (05) provinces (Lorum, Passoré, Soum, Yatenga et Zandoma) de la zone Nord et Centre-Nord, sur des sites déjà aménagés par les paysans, les structures de développement ou de recherche et gérés par les populations. Les techniques évaluées sont celles couramment utilisées par les populations et ayant présentées des performances agronomiques et socio-économiques : le zaï agricole, le zaï forestier, la demi-lune, le décompactage et le tapis herbacé (**Tableau 17**).

Tableau 17: Liste des techniques étudiées, des provinces et des villages concernés

TECHNIQUES	Nombre de sites	Lieu d'évaluation
Décompactage	8	LORUM
Demi-lune Zaï agricole	2 + 1 Pougyango	site de PASSORE
Décompactage	3	SOUM
Zaï forestier	5	YATENGA
Tapis herbacé Zaï forestier	1	ZANDOMA

1.3. Caractéristiques pédoclimatiques de la zone d'étude

Les provinces concernées s'appartiennent à deux domaines phytogéographiques selon Fontès et Guinko (1995) : les domaines Nord-sahélien et Sud-sahélien (**Figure 4**).

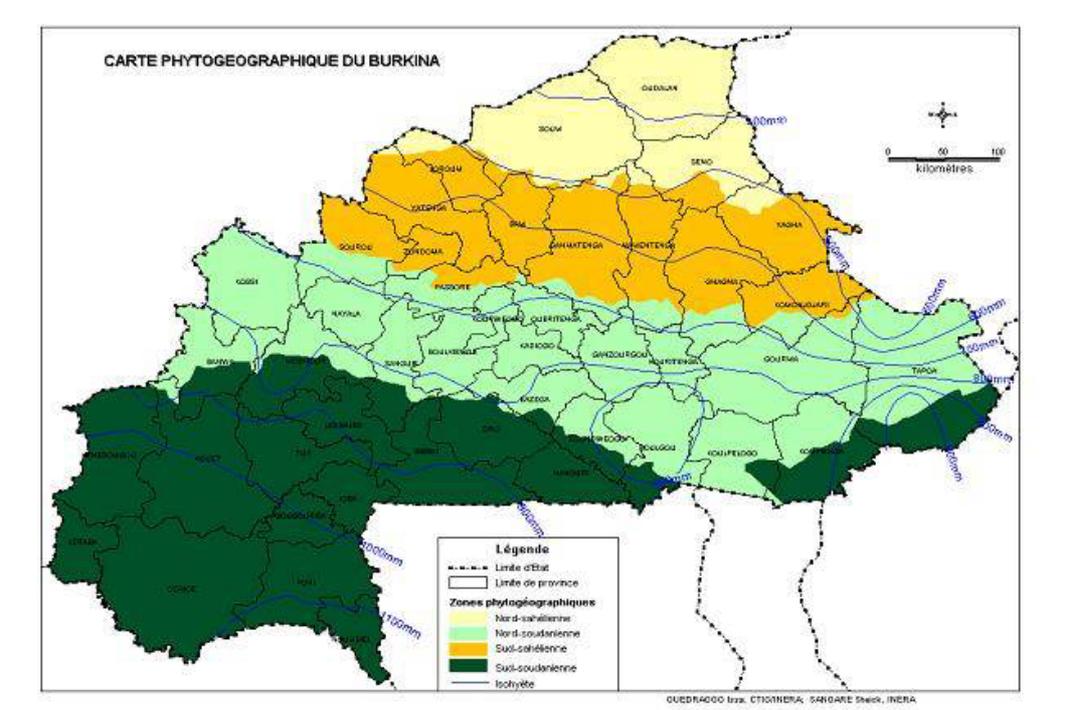


Figure 4 : Carte phytogéographique du Burkina Faso

Le climat de la zone est de type sub-sahélien (Guinko, 1984), caractérisé par l'alternance de 2 saisons fortement contrastées et d'inégale durée, et une pluviosité annuelle comprise entre 400 et 700 mm, ce qui fait d'elle la zone la moins arrosée du pays. La température moyenne est supérieure à 30°C une grande partie de l'année, la durée d'insolation dépasse généralement 9h par jour. La période végétative est très courte (90 à 110 jours) et constitue une contrainte majeure pour l'agriculture. La zone est marquée par un gradient d'aridité allant du centre vers le nord avec un rapport Précipitations/ETP compris entre 0,20 et 0,50.

Les unités de paysages et les sols qui y sont associés s'organisent suivant un gradient de pente généralement faible, variant de 0,5 à 2%. L'allure géomorphologique générale de la région est plate à faiblement ondulée et n'offre pas de véritables obstacles aux facteurs érosifs.

Les ressources en sols adaptés à l'agriculture sont rares et sont caractérisées par leur faible teneur en matière organique et leur structure et texture qui les rendent particulièrement sensibles à l'érosion (Roose *et al.*, 1993). Deux types de sols dominant dans toute la région d'étude selon Boulet (1968) : les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou peu lessivés et les sols bruns eutrophes.

2. Résultats obtenus

2.1. Le zaï agricole

2.1.1. Impact écologique

• *Effet des amendements et du travail du sol sur la richesse floristique du zaï*

La bibliographie abonde de références traitant de l'intérêt écologique du zaï (Kaboré, 1996 ; Zombré et al., 1999). Les études sur cet impact ont été réalisées (Sangaré, 2002) dans le village de Pougyango (province du Passoré) sur des parcelles agricoles expérimentales aménagées en zaï. Le dispositif expérimental est un bloc Fisher comportant 4 répétitions et 2 blocs dans lesquels sont distribués 4 traitements qui associent le zaï à différentes sources d'amendements organiques (fumier, paille) ou minérales (Burkina Phosphate). Les résultats obtenus en ce qui concerne la régénération de la végétation sont présentés au **Tableau 18**.

Tableau 18 : Impact des traitements sur la richesse floristique des terres dégradées

Traitement	Nombre d'espèces	Nombre de familles	Fréquence spécifique
T0	12	7	3
ZF	25	11	21
ZFP	33	12	71
ZFPB	30	10	113

T0 : témoin ; ZF : zaï + plus fumier ; ZFP : zaï + fumier + paillage ; ZFPB : zaï + fumier + paillage + Burkina Phosphate.

Les résultats obtenus indiquent clairement que la pratique du zaï permet le développement d'une importante végétation sur les sites. Ces résultats s'expliquent par l'amélioration des propriétés hydrodynamiques du sol sous zaï, ce qui a facilité la germination et le développement des plantes. Plusieurs auteurs (Penning de Vries et Djitéye, 1982 ; Pieri, 1989 ; Hien, 1995 ; Achard *et al.*, 2001), estiment que cette amélioration est la condition préalable à l'installation de la végétation sur les terres dégradées. La diversité des espèces observées sur les sites serait liée, selon certains auteurs (Roose *et al.*, 1995 ; Kaboré, 1996 ; Devineau, 1999 ; Zombré et al., 1999) au transport de leurs semences par les eaux de

ruissellement, le vent ou à leur apport par le fumier. Ces semences sont piégés par les poquets ou la paille et peuvent ainsi profiter des bonnes conditions d'humidité et de la matière organique pour se développer. Le nombre d'espèces et leur fréquence spécifique augmentent quand on recouvre de paille les parcelles fumées. L'effet apport de semences par le fumier, est donc renforcé par un effet obstacle joué par la paille, qui empêcherait l'emprise des semences hors du site par les eaux de ruissellement et les vents.

• *Effet de l'âge du zaï sur la richesse floristique des parcelles*

Les travaux réalisés (Trouillier, 2003) sur les parcelles de trois paysans du village de Rapougma (Province du Yatenga) sur la dynamique de la végétation suivant l'âge de pratique du zaï, ont donné les résultats consignés dans le **Tableau 19**.

L'inventaire des adventices révèle l'apparition de plusieurs espèces herbacées sur les parcelles aménagées tandis que les parcelles témoins restent quasi nues. La liste floristique issue de l'inventaire comprend 23 espèces herbacées dont les Poacées et les Tiliacées sont les familles les plus représentées.

Tableau 19 : Richesse et fréquence spécifiques moyennes sur les parcelles

	parcelles		
	Sol nu	2 ans	8 ans
Richesse spécifique	0	33	36
Fréquence spécifique	0	1209	1244

La richesse et la fréquence spécifique varient très peu entre 2 et 8 ans. Ceci ne permet pas de conclure à une augmentation du nombre et de la fréquence des individus en fonction de l'âge de l'aménagement. L'absence totale de végétation sur le sol témoin permet de confirmer l'impact écologique du zaï. La richesse et la fréquence des espèces enregistrées sur les parcelles aménagées n'est pas liées à l'âge, mais semble dépendre de la richesse en semences d'adventices de la matière organique apporté ou de la quantité de semences apportées par les eaux de ruissellement et piégées par les poquets. En considérant cette éventualité, la position topographique de la parcelle influencerait positivement, selon Djimandoum (1999), le pool de semences présentes sur les parcelles. La faible fréquence des espèces sur les parcelles cultivées peut résulter des mesures d'entretiens prises par le paysan (sarclage, utilisation d'herbicides) ou de l'association de plantes de couverture (niébé) dont le rôle sur le contrôle des adventices est bien connu (Segda, 1999).

2.1.2. Impact sur les propriétés chimiques du sol

• Rôle des amendements sur les caractéristiques chimiques des sols des parcelles zaï

Pour cette étude, des analyses ont été réalisées sur des échantillons de sols prélevés dans les parcelles de zaï de l'essai de Pougyango sur l'horizon 0 – 15 cm. Les analyses ont été réalisées au laboratoire sol-eau-plante de l'INERA de Ouagadougou et les traitements suivants ont été comparés : **T0** : témoin ; **ZF** : zaï + plus fumier ; **ZFP** : zaï + fumier + paillage ; **ZFPB** : zaï + fumier + paillage + Burkina Phosphate. Les résultats obtenus sont consignés au **Tableau 20**.

Tableau 20: Caractéristiques chimiques des parcelles aménagées en zaï

Traitements	pH eau	C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C/N	P (mg kg ⁻¹)
T0	4,74	6,50b	0,49b	13,27b	162,67b
ZF	5,89	14,08a	0,79a	17,79a	201,63b
ZFP	5,62	12,89a	0,72a	17,92a	208,36b
ZFPB	5,83	13,87a	0,74a	18,61a	310,93a
<i>CV (%)</i>		17,52	17,16	10,85	18,96
<i>F Prob.</i>		<0.001	0.001	<0.001	<0.001
<i>Signif.</i>		S	S	S	S

NB : les moyennes de la même colonne suivis des même lettres ne sont significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité d'après le test de Newman-Keuls. F Prob. : Probabilité ; Signif. : niveau de signification au seuil de 5 % ; S : Significatif ; CV(%) : Coefficient de Variation.

Les résultats obtenus révèlent une évolution positive des teneurs en nutriments (C, N, P) du sol, par rapport au témoin et comparativement à l'état initial du site avant la mise en place de l'essai (**Tableau 21**).

Les teneurs en carbone et en azote augmentent respectivement de 50 à 53% et de 32 à 37 % lorsqu'on apporte du fumier (ZF), de la paille (ZFP) et du BP (ZFPB). L'apport de fumier seul ou avec de la paille par contre n'influence pas significativement la teneur en phosphore total du sol par rapport au témoin, cette teneur évolue significativement lorsque l'on ajoute du BP. Cette situation dénote de la pauvreté en phosphore du sol et des matériels entrant dans la composition du compost utilisé. Le BP additionné aux amendements organiques permet donc de pallier cette carence et constitue un moyen pour accroître le taux de phosphore dans les sols cultivés. La dose utilisée (400 kg/ha) a permis de relever de 33% le niveau des stocks du sol en phosphore total dans les traitements ZFP. Les valeurs du rapport C/N sont dans l'ensemble >15 mais ne dépassent pas 20, ce qui indique que les matières organiques utilisées sont de qualité moyenne.

Tableau 21 : Caractéristiques chimiques initiales du sol sur le site de Pouyango
(Source : Zougmore et al. 1999)

	pH eau	C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C/N	Ptot (mg kg ⁻¹)
Echantillon 1	4,74a	7,13a	0,61a	11,9a	145,6a
Echantillon 2	4,73a	7,72a	0,63a	12,2a	147,4a
Echantillon 3	5,09a	7,64a	0,63a	12,1a	143a
<i>F Prob.</i>	0,44	0,16	0,85	0,91	0,83
<i>Cv (%)</i>	5,3	2,7	9,4	6,5	3,9
<i>Signif. 5%</i>	NS	NS	NS	NS	NS

NB : les moyennes suivies des même lettres ne sont significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité d'après le test de Newman-Keuls. F Prob. : Probabilité ; Signif. : niveau de signification au seuil de 5 % ; NS : Non Significatif ; CV(%) : Coefficient de Variation.

Les résultats indiquent également une augmentation du pH suite à l'application de la matière organique. On note cependant aucune différence avec l'application de paille ou de BP. Le témoin présente par contre une acidité supérieure aux autres traitements. L'apport des amendements organiques a permis d'abaisser l'acidité initiale du sol.

• *Evolution des caractéristiques chimiques du sol en fonction de l'âge de la parcelle*

Les travaux réalisés par Trouiller (2003), et concernant l'évaluation de l'évolution de la fertilité des parcelles de zaï en fonction du temps et du transfert de fertilité entre le poquet de zaï et son environnement donnent les caractéristiques chimiques des sols représentés par les **Figures 5a, 5b, 5c**. Ces figures présentent les teneurs en carbone total, azote total et phosphore assimilable du poquet (P) et de l'entre poquet (EP) dans l'horizon 0 – 10cm.

Les résultats indiquent de façon générale que les teneurs en carbone, azote totaux des poquets évoluent positivement avec l'âge de l'aménagement et quelque soit la profondeur considérée et sont dans l'ensemble significativement supérieures au sol nu (figure 5a, 5b, 5c). Les teneurs en phosphore total et assimilable connaissent par contre des évolutions diverses entre les trois situations pour les deux niveaux de profondeur considérés. En effet, l'analyse de variance révèle que les teneurs en phosphore total du sol ne varient pas significativement entre le sol nu, le poquet de 2 ans et celui de 8 ans chez les trois paysans considérés. Alors que la teneur en phosphore assimilable est faible et varie en fonction du paysan, chez le paysan 1, elle augmente significativement en fonction de l'âge, et ne présente pourtant pas de différence significative entre l'âge de 2 ans et celui de 8 ans chez le paysan 2 ; chez le paysan 3, elle augmente à 2 ans puis décroît significativement à 8 ans. Cette évolution diverse des teneurs en

phosphore pourrait s'expliquer par la situation initiale des différents sols (les sols sableux et les sols gravillonnaires n'ont pas la même capacité de minéralisation) et par la richesse de la matière organique utilisée en cet élément. En effet, l'analyse d'un échantillon du compost utilisé par les trois paysans (**Tableau 22**) révèle que le compost du paysan 3 présente la plus faible teneur en phosphore total et assimilable.

Tableau 22 : Teneurs en carbone, azote, et phosphore du compost utilisé

	C total (g kg ⁻¹)	N total (g kg ⁻¹)	C/N	P total (mg kg ⁻¹)	P assimilable (mg kg ⁻¹)
Paysan 1	64,9	4,23	15	828,6	37,2
Paysan 2	60,6	4,35	14	866,0	38,8
Paysan 3	60,4	5,27	11	733,1	29,92

L'apport de compost bien décomposé permettrait donc de relever le niveau du sol en phosphore sur le long terme.

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation du même poquet pendant trois années de culture avant le prochain apport de matière organique n'épuise pas totalement le sol et peut permettre de maintenir globalement un taux croissant des éléments minéraux dans le sol. Les teneurs en carbone étant plus élevées dans les parcelles de 8 ans, on peut conclure que le système du poquet permet d'accumuler chaque année de la matière organique.

• *Transfert de fertilité entre le poquet et son environnement*

Les **Figures 5a, 5b, et 5c** indiquent une évolution non significative des caractéristiques chimiques de l'entre-poquet en fonction de l'aménagement et en fonction de l'âge de la parcelle pour les teneurs en carbone, azote et phosphore assimilable. Les conditions pédologiques de ces sols sont telles que la diffusion des éléments minéraux reste limitée. Ainsi, on note des teneurs en éléments minéraux dans le poquet significativement supérieures à l'entre-poquet, quelque soit l'âge de l'aménagement.

Il n'y a donc pas, par conséquent, un transfert significatif de fertilité entre le milieu « poquet » et son environnement (entre poquet), le système poquet semble donc fonctionner de façon indépendante. Dans ce système où il y a utilisation du même poquet sur plusieurs années, il n'y aurait donc pas à proprement parler de réhabilitation des paramètres chimiques du milieu dégradé, mais la mise en place d'un système de production localisé au poquet et indépendant de son environnement immédiat.

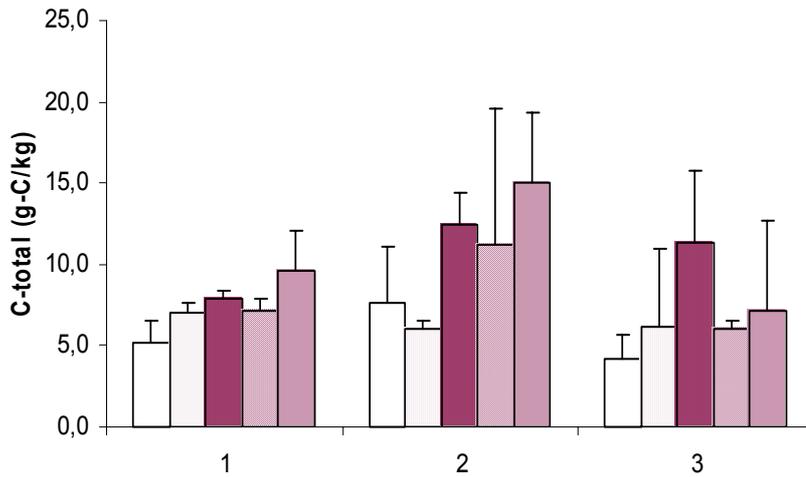


Figure 5a : Effet du zaï agricole sur la teneur en C total

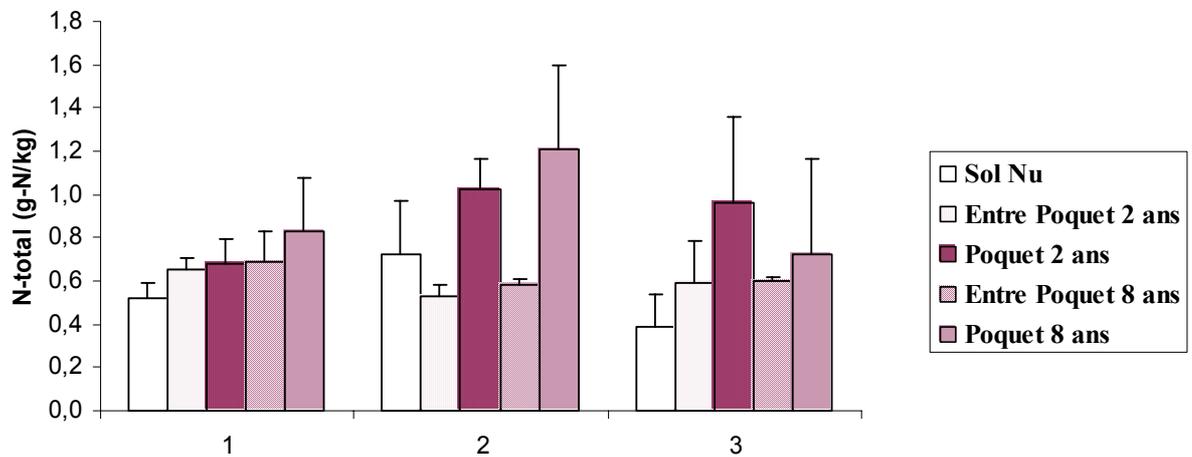


Figure 5 b : Effet du zaï agricole sur la teneur en N total

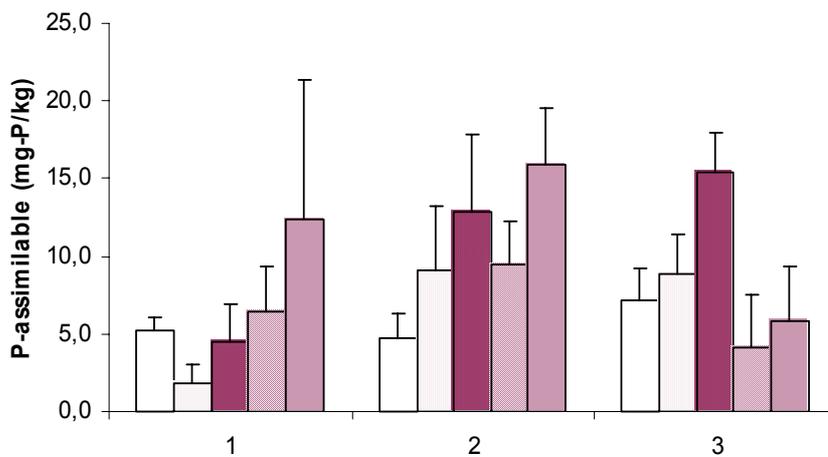


Figure 5 c : Effet du zaï agricole sur la teneur en P assimilable

2.1.3. Impact du zaï sur les rendements du sorgho

• Effet des amendements sur la productivité du sorgho

L'impact agronomique est apprécié à travers les rendements de deux variétés de sorgho obtenus sur l'essai expérimental de Pougyango sur sol ferrugineux tropical lessivé de pente 1%. L'état de surface dominant (plus de 60%) est de type ERO mais on rencontre par endroits une structure gravillonnaire avec plus de 60% de graviers ferrugineux qui s'incrustent dans une légère pellicule de sable fin (cf. Sangaré, 2002).

Les résultats de l'analyse de variance sont présentés dans le **Tableau 23** et révèlent des différences significatives entre les traitements pour les rendements grains et pailles.

Tableau 23 : Rendements (en kg/ha) du sorgho au niveau du zaï

Traitements	Variété 1		Variété 2	
	Rdt paille	Rdt grains	Rdt paille	Rdt grains
ZFPB	4635 a	1921 a	5517 a	1820 a
ZFP	4334 a	1422 b	5062 a	1581 b
ZF	4808 a	1485 b	5151 a	1404 c
T0	0 b	0 c	0 b	0 d
<i>F Prob.</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<i>Signif.</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
<i>CV (%)</i>	12,69	17,84	21,13	8,02

NB : les moyennes de la même colonne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité. *Fprob* : probabilité ; *Signif.* : niveau de signification au seuil de 5% ; *S* : Significatif ; *CV (%)* : Coefficient de Variation.

Les résultats donnent des rendements grains et paille du sorgho pour les traitements avec apports de fumier significativement supérieurs au témoin. L'apport de fumier et de paille a permis d'améliorer l'effet du travail du sol. L'adjonction de Burkina Phosphate (BP) au fumier et à la paille (ZFPB) donne les meilleurs rendements grains. L'apport de matière organique seule, si elle permet une bonne production de biomasse, apporte peu de rendement grains du fait de la déficience généralement observée en phosphore et en potassium de la matière organique de la zone (Sédogo, 1981).

• Effet de l'âge de l'aménagement sur la production de biomasse du sorgho

Les résultats du suivi de la croissance en serre du sorgho sur les sols provenant des trois parcelles de Rapougama, réalisé par Trouillier (2003), suivant l'âge du zaï et le type d'aménagement, sont présentés sur la **Figure 6**. L'analyse de ces résultats révèle des situations diverses suivant l'âge chez les différents paysans : chez le paysan 1, la biomasse augmente avec l'âge de 8 ans mais ne diffère pas entre sol nu et parcelle de 2 ans. Chez le second, des différences significatives existent entre les parcelles aménagées et avec le sol nu ; la biomasse aérienne augmente avec l'âge pendant que la biomasse racinaire diminue. Pour le paysan 3 enfin, la parcelle de 2 ans domine suivit de la parcelle de 8 ans puis vient le sol nu. Les parcelles aménagées influencent mieux la production de biomasse du sorgho par rapport au sol nu. La variation de production de biomasse observée chez les trois paysans semble être en rapport avec la fertilité du sol. Les travaux de Sédogo (1993) ; Kaboré (1995), Zombré *et al* (1998) et Dakio (1999) ont montré que la croissance des cultures est fortement influencée non seulement par le régime hydrique mais aussi par la présence d'éléments nutritifs dans le sol. En suivant l'évolution des éléments chimiques dans les différentes parcelles, on constate que

l'évolution du phosphore assimilable varie dans le même sens que la production de biomasse. Ce qui confirme le rôle joué par le phosphore sur le développement végétatif, évoqué par certains auteurs antérieurs (Bonzi, 1989 ; Sédogo, op.cit). L'effet du zaï sur la production de biomasse du sorgho n'est donc pas liée à l'âge de l'aménagement mais probablement à la nature du sol et à la qualité des fertilisants utilisés.

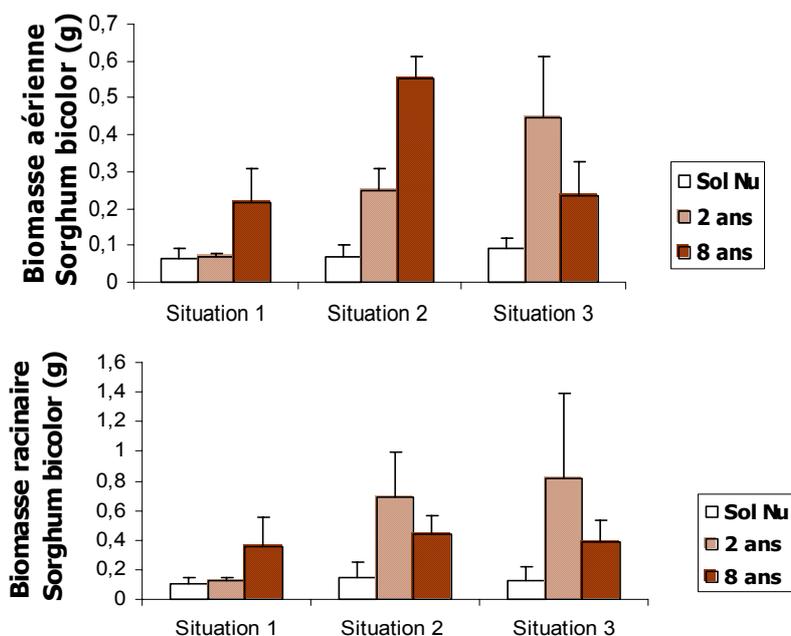


Figure 6 : Effet de l'âge du zaï sur la biomasse aérienne et racinaire du sorgho

2.2. La demi-lune

2.2.1. Impact écologique

Cette étude traite de l'impact de quelques amendements, susceptibles d'être utilisés dans la pratique de la demi-lune, sur l'évolution de la richesse floristique des terres à récupérer.

Les résultats du **Tableau 24** concernent l'essai expérimental de Pougyango. Le dispositif est un Bloc Fisher avec 4 répétitions et 2 blocs comparant 7 traitements constitué ou non d'apports d'amendements organiques et/ou organo-minéraux (Sangaré, 2002).

Tableau 24 : Impact des traitements sur la richesse floristique des terres dégradées

Traitement	Nombre d'espèces	Nombre de famille	Fréquence spécifique
DL	21	9	79
DLP	28	12	65
DLPB	27	15	68
DLF	25	16	79
DLCB	26	16	85
DLC	24	13	73
DLEM	18	9	83

DL: témoin ; *DLP* : DL + Paille ; *DLPB* : DL + Paille + Burkina Phosphate ; *DLF* : DL + Fumier ; *DLC* : DL+Compost ; *DLCB* : DL+Compost + Burkina Phosphate ; *DLEM*: DL + Engrais minéraux

Les résultats révèlent l'apparition d'une importante végétation dans les parcelles, indépendamment du type de fertilisant utilisé. Ce qui témoigne de l'effet du travail du sol sur la régénération de la végétation des terres dégradées.

Les résultats ne permettent cependant pas de conclure sur une éventuelle supériorité des parcelles avec apport d'amendements par rapport aux parcelles témoins en ce qui concerne la richesse et la fréquence spécifiques. L'effet du travail du sol semble aussi important que l'effet apport de semences par les amendements organiques sur le développement de la végétation, ceci serait dû au fait que la demi-lune, de par sa taille, permet de piéger une grande quantité de semences et de collecter une grande quantité d'eau de ruissellement pour permettre la germination des semences. Les amendements interviennent pour faciliter le développement ou non d'une flore importante. On remarque de ce fait que l'utilisation de paille réduit la fréquence spécifique par rapport au témoin. Ces résultats mettent en évidence le rôle joué par le paillage dans le contrôle des adventices, évoqué par Hien (1995), Zombré et al. (1999) et Mando et al. (1999).

2.2.2. Impact sur les propriétés chimiques du sol

Le **Tableau 25** compare des situations diverses en ce qui concerne les teneurs en éléments minéraux du sol des demi-lunes. Les résultats de l'analyse de variance donnent des différences significatives de l'évolution des teneurs en carbone en azote et en phosphore total en fonction des traitements. L'apport de paille ou d'engrais minéraux n'a pas d'effet significatif sur les stocks de carbone et d'azote du sol par rapport au témoin. Les teneurs en carbone augmentent significativement lorsque l'on ajoute du phosphore à la paille, car cela augmente la vitesse de minéralisation. Dans l'ensemble les teneurs en carbone et en azote augmentent dans le sol lorsque, dans la pratique de la demi-lune, on apporte du compost avec ou sans BP ou tout simplement du fumier.

Tableau 25: Caractéristiques chimiques des parcelles aménagées en demi-lune

Traitements	pH eau	Ctot (g kg ⁻¹)	Ntot (g kg ⁻¹)	C/N	Ptot (mg kg ⁻¹)
DL	5,12	7,94c	0,48b	16,39a	204,44 c
DLP	5,19	8,55bc	0,51b	16,65a	188,06c
DLPB	5,41	10,15b	0,59b	17,65a	289,02b
DLF	6,27	14,75a	0,92a	16,04a	276,82b
DLCB	6,33	14,57a	0,91a	16,03a	398,24a
DLC	6,14	12,98a	0,82a	16,01a	283,14b
DLEM	5,02	9,19bc	0,57b	16,23a	299,75b
<i>CV (%)</i>		<i>14,41</i>	<i>14,27</i>	<i>7,27</i>	<i>14,83</i>
<i>F Prob.</i>		<i><0.001</i>	<i>.0001</i>	<i>0,24</i>	<i><0.001</i>
<i>Signif.</i>		<i>S.</i>	<i>S.</i>	<i>NS.</i>	<i>S.</i>

NB : les moyennes suivies des même lettres ne sont significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité d'après le test de Newman-Keuls. F Prob. : Probabilité ; Signif. : niveau de signification au seuil de 5 % ; S. : Significatif ; NS : Non Significatif ; CV(%) : Coefficient de Variation.

L'engrais azoté a un effet indirect sur la fertilité chimique du sol, par son action sur la production d'une biomasse aérienne et racinaire qui constitue une source stable de matière organique dans le sol et qui contient 95% de l'azote absorbé, selon (Pieri, 1989 ; Delville, 1996). L'utilisation de matière organique permet de garder des stocks importants d'éléments nutritifs dans le sol.

L'apport Compost + BP augmente significativement la teneur en phosphore total par rapport aux autres traitements. L'adjonction de BP à la matière organique (compost et paille) permet donc d'améliorer significativement la teneur en phosphore total du sol, ce qui confirme la pauvreté de ces amendements en cet élément. Selon Deville (1996), les cultures répondent assez bien aux apports de phosphates : il n'y a pas de rétrogradation et les ions phosphates migrent peu dans le sol, il y a peu de pertes par lessivage. Autrement dit tout apport est disponible pour les plantes avec un effet résiduel important.

Les traitements DLC, DLF et DLCB entraînent une augmentation du pH du sol par rapport au témoin. La paille simple n'a pas un effet significatif sur l'augmentation du pH bien que l'adjonction de BP l'accroît de 6% en moyenne. Ces tendances sont observées par plusieurs auteurs (Pieri, 1989 ; Zougmoré et al., 2003). Dans la pratique, ces valeurs restent basses et ces sols sont tous classés comme acides par le Référentiel Pédologique Français (cité par Baize, 1988).

2.2.3. Impact sur les rendements du sorgho

Le **Tableau 26** donne les résultats de rendements de deux variétés de sorgho (SARIASSO 14 ROUROUGOU) sur l'essai expérimental de Pougyango, ainsi que les résultats de l'analyse de variance.

Tableau 26 : Rendements (pailles et grains) des parcelles aménagées en demi-lunes

Traitements	Variété 1		Variété 2	
	Rdt pailles	Rdt grain	Rdt pailles	Rdt grain
DLEM	2816 ab	1693 a	3971 a	1705 a
DLF	3034 a	1673 a	3969 a	1707 a
DLC	2638 ab	1481 a	3633 a	1606 a
DLCB	2505 b	1463 a	3197 b	1468 ab
DLPB	1468 c	510 b	2032 c	342 c
DLP	1491 c	341 bc	825 d	195 d
DL	1121 c	274 c	964 d	116 d
<i>F Prob</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<i>Signif.</i>	S	S	S	S
<i>CV (%)</i>	10,44	11,27	13,89	8,80

NB : les moyennes suivies des même lettres ne sont significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité d'après le test de Newman-Keuls. **F Prob.** : Probabilité ; **Signif.** : niveau de signification au seuil de 5 % ; **S.** : Significatif ; **CV(%)** : Coefficient de Variation.

Les meilleurs rendements grains sont obtenus avec l'utilisation des engrais minéraux ou organiques. Et l'adjonction de BP à la matière organique améliore l'effet de cette dernière.

Les rendements obtenus sont très faibles pour le traitement sans amendements, ce qui met en évidence l'importance de la fertilisation des cultures dans la pratique de la demi-lune. Le fait d'améliorer la disponibilité en eau ne suffit pas à élever significativement la production ; la levée de la contrainte hydrique fait apparaître une autre contrainte majeure qui est la disponibilité en éléments nutritifs. Les mêmes observations ont été faites par Kambou et Zougmoré (1995) ; Roose *et al.* (1995) ; Zougmoré et al. (1999). Les traitements DLEM, DLF, DLC et DLCB donnent des rendements qui sont statistiquement identiques, ce qui permet de dire que dans les aménagements demi-lunes, l'utilisation exclusive d'engrais minéraux n'est pas nécessaire si le producteur dispose de matière organique bien décomposée.

2.3. Le Zaï forestier

2.3.1. Impact écologique

• *Impact du travail du sol sur la régénération des sols dégradés*

Les inventaires réalisés par Sangaré (2002) et Laguemvaré (2003) sur des parcelles sous pratiques de zaï forestier dans deux villages de la province du Yatenga (Gourga et Somyaga), ont permis de recenser de nombreuses espèces herbacées et ligneuses qui se développent à la faveur de cette pratique. Les résultats sont résumés dans le **Tableau 27**.

Tableau 27 : Liste des espèces recensées sur les sites de zaï forestier

Village	Traitements	Espèces herbacées		Espèces ligneuses	
		Nb d'espèces	Nb de familles	Nb d'espèces	Nb de familles
Gourga	Aménagé	44	16	54	22
	Témoin	16	7	11	5
Somyaga	Aménagé	NR	NR	34	19
	Témoin	NR	NR	9	3

Nb : Nombre ; NR : Non Recensé (l'inventaire n'a pas été réalisé sur ces parcelles)

Les résultats permettent de constater une augmentation de la richesse floristique herbacée et ligneuse sur les parcelles aménagées en zaï forestier par rapport aux parcelles témoins. Ces espèces appartiennent à une grande diversité de famille dont les principales sont : les Poaceae (31 %) et les Fabaceae (19 %) pour les herbacées, les Mimosaceae (18 %) et les Combretaceae (12 %) pour les ligneux. La différence entre le nombre d'espèces observées sur la parcelle aménagée de Gourga et celle de Somyaga réside dans le mode de gestion des différentes parcelles : la première a reçu l'introduction d'espèces exogènes par plantation tandis que la seconde est seulement constituée d'espèces ayant régénéré à la faveur du zaï forestier. Dans ces deux systèmes les parcelles régénérées sont abandonnées au fur et à mesure et les fronts de culture sont orientés vers d'autres espaces à récupérer. Ce qui justifie que l'on constate une grande densité et un fort recouvrement dans ces deux parcelles. La régénération n'est pas aussi dense sur les parcelles encore cultivées à cause notamment de l'espace et de la concurrence avec les cultures. Des inventaires réalisés sur des parcelles encore cultivées de 7 paysans dans les provinces du Yatenga et du Zandoma ont donné résultats suivant (**Tableau 28**) :

On remarque que le choix du type et le nombre des espèces épargnées dans les champs varie en fonction des producteurs considérés. Ce choix est généralement guidé par l'utilisation que présentent les espèces (alimentation, pharmacopée, bois de chauffe, fourrage, matériau d'œuvre etc.). Dans tous les cas, le **tableau 28** montre l'effet positif du zaï forestier sur la restauration de la végétation des sols dégradés. La densité des espèces ligneuses est contrôlée par émondage et élimination des espèces non désirées, de sorte à éviter une forte concurrence avec les cultures.

Tableau 28: Richesse floristique des parcelles de zaï forestier cultivées

Parcelle (nom du producteur)	Nombre d'espèces	Nombre de pieds	Espèces dominantes	Densité (pieds/Ha)
Zoromé Boukary	09	84	<i>Acacia sieberiana</i>	1200
			<i>Piliostigma reticulatum</i>	1267
Kindo Ousseni	10	85	<i>Acacia sieberiana</i>	1200
			<i>Guiera senegalensis</i>	1167
Tinto Arouna	03	35	<i>Piliostigma reticulatum</i>	633
			<i>Adansonia digitata</i>	467
Zoromé Souleymane	09	60	<i>Guiera senegalensis</i>	667
			<i>Adansonia digitata</i>	400
Ouédraogo Ali	07	31	<i>Guiera senegalensis</i>	833
			<i>Combretum glutinosum</i>	233
Ouédraogo Soumaïla	11	54	<i>Piliostigma reticulatum</i>	300
			<i>Guiera senegalensis</i>	767
			<i>Combretum glutinosum</i>	300
Wermi wendpengré	03	71	<i>Adansonia digitata</i>	2200

NB : Les inventaires ont été réalisés dans trois placettes de 100 m² délimités sur la parcelle de chaque paysan ; le nombre d'espèces est celui recensé dans les trois placettes ; le nombre de pieds représente la moyenne du nombre de pieds recensé dans les trois placettes.

• Etude de la succession floristique en fonction de l'âge du zaï forestier

Les études de Laguemvaré (2003) en milieu paysan dans le village de Gourga de la province du Yatenga Nord-Ouest du Burkina Faso, avaient pour objectif de déterminer l'effet de l'âge d'aménagement sur la diversité et la succession floristique dans le système zaï forestier. Le site a une pluviométrie annuelle de 500 à 800 mm et des sols caractérisés par la longueur de leur pente et leur faible teneur en matière organique.

L'étude a été conduite sur la parcelle de Mr Sawadogo Yacouba, un paysan innovateur qui a réussi à réhabiliter 29 ha de terres dégradées en pratiquant la technique du zaï forestier. De ce fait, il constitue une référence dans la région. Cinq âges ont été considérés (4, 10, 16, 17, 20 ans). Ces parcelles qui bénéficient d'une gestion et une mise en défens ont été comparées à une parcelle de 18-19ans qui ne bénéficie pas d'attention particulière.

La liste floristique comprend 54 espèces ligneuses appartenant à 22 familles dont les plus dominantes sont les Mimosacées (18%), les Combretacées (12%), les Caesalpiniacées et les Capparacées (10%) et 50 espèces herbacées appartenant à 17 familles dont les plus représentés sont les Poacées (31%) et les Fabacées (19%).

Les résultats obtenus suite au traitement des données par AFC ne permettent pas de conclure à l'existence d'un gradient d'évolution de la diversité des individus ligneux et herbacés qui serait lié à l'âge de la parcelle, mais plutôt à d'autres facteurs telles que l'apport de semences et l'évolution de l'état du sol au cours du temps. Les résultats d'une étude d'AFC montrent que deux axes représentent 63 % et 71 % de la diversité des individus ligneux, ce qui est le signe de l'existence d'une seule communauté végétale au sein de l'ensemble du site et par conséquent conforte l'hypothèse de l'effet de la source semencière.

L'approche synchronique qui consiste à comparer les effectifs numériques des espèces ligneuses suivant l'âge du zaï forestier, permet par contre de percevoir une relative évolution du nombre d'espèces ligneuses en fonction de l'âge de l'aménagement. Les résultats sont illustrés par la **Figure 7**.

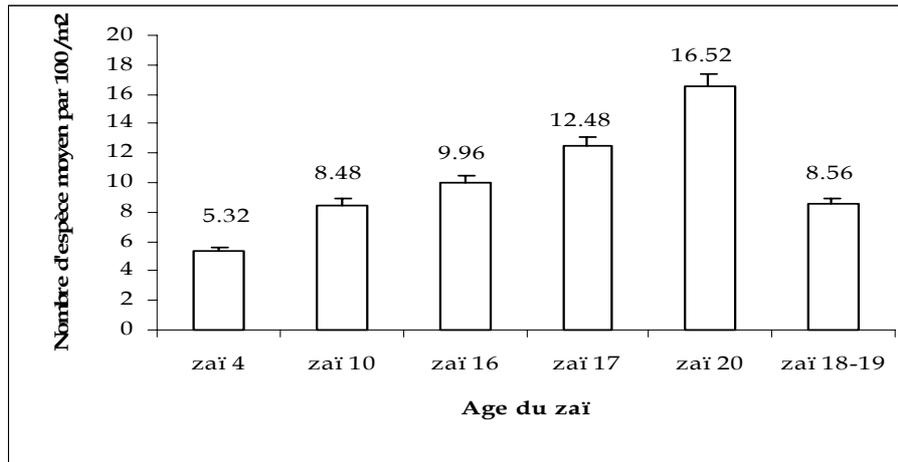


Figure 7 : Evolution de la diversité spécifique moyenne par 100m² de la strate ligneuse

Cette figure présente nettement une augmentation progressive du nombre d'espèces suivant l'âge du zaï, cette augmentation étant la résultante de production de semence par les premières plantes. La représentativité observée sur les placettes de 100 m² traduit une évolution globale du nombre d'espèces sur l'ensemble de la parcelle et aussi une meilleure répartition en fonction de l'âge. La figure permet aussi de percevoir l'effet de la gestion des parcelles aménagées sur le nombre d'espèces.

En conclusion, deux facteurs agissent sur le nombre et la diversité des espèces ligneuses sur les sites : la présence d'une source semencière et l'âge de l'aménagement. Notons toutefois que ce dernier facteur dépend du mode de gestion de la parcelle aménagée. Une mise en défens complète permet une meilleure régénération de la végétation ligneuse.

La strate herbacée présente par contre une moindre variation dans sa diversité spécifique, car la répartition des espèces est dominée dans toutes les parcelles par un petit nombre d'espèces dont *Pennisetum pedicellatum*, *Zornia glochidiata* et *Andropogon gayanus*. La **Figure 8** présente l'évolution de la diversité herbacée moyenne par 100 m². L'évolution de la strate herbacée sur cette figure indique une certaine stabilité spécifique des parcelles, même si le zaï de 20 ans se distingue avec une richesse spécifique supérieure de 7,66.

On note par ailleurs une tendance à la diminution de la proportion des annuelles et une augmentation de la proportion des pérennes selon l'âge de la parcelle.

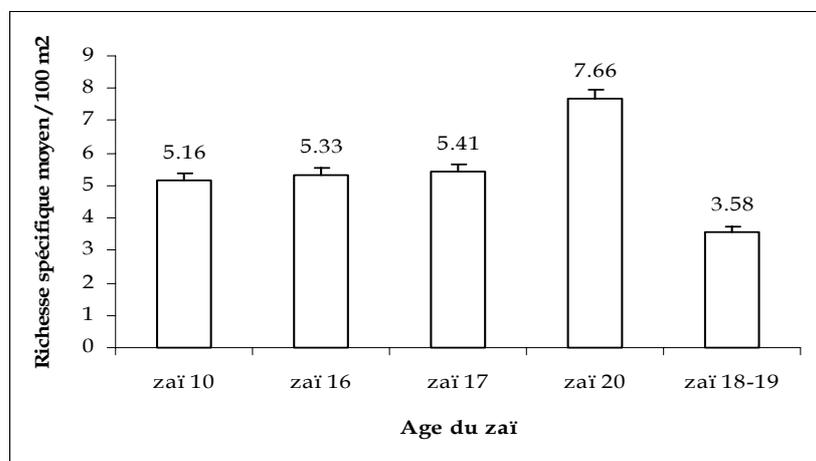


Figure 8 : Evolution de la diversité spécifique moyenne par 100 m² (strate herbacée)

2.3.2. Impact agronomique

Les données sur l'impact agronomique du zaï forestier ont été collectées au cours de la campagne 2003 dans cinq villages situés dans les provinces du Yatenga et du Zandoma. Des essais ont été conduits sur les parcelles de dix paysans « innovateurs » des deux provinces. Sur chaque parcelle, des carrés de rendements de 100m² (10 m x 10 m) chacun ont été délimités de façon à intégrer l'hétérogénéité de chaque terrain. La même variété de sorgho a été fournie à tous les producteurs à savoir la variété SARIASO 12.

Les résultats obtenus sont présentés sur le **Tableau 29**.

Tableau 29: Résultats des rendements grains et pailles du zaï forestier

Parcelle (Nom du paysan)	Type de sol	Rdt pailles kg/ha	Rdt grains kg/ha
1) Kindo Moussa	Cuirasse ferrugineuse	2323	829
2) Kindo Ousséni	Cuirasse ferrugineuse	1493	654
3) Ouédraogo Ali	Cuirasse latéritique	776	400
4) Zoromé Ousséni	Ferrugineux	1006	320
5) Ouédraogo Soumaïla	Gravillonnaire	2026	962
6) Sawadogo Yacouba	Gravillonnaire	1037	346
7) Zoromé Boukari	Gravillonnaire	820	363
8) Zoromé Souleymane	Gravillonnaire	470	266
9) Wermi wendpengré	Gravillonnaire	1056	330
10) Tinto Harouna	Sableux	2953	973

Le tableau révèle différentes situations de rendements grain e pailles qui varient en fonction du paysan et du type de sol. Ces résultats sont dans l'ensemble très faibles car la moyenne de la zone est estimée à 800 kg/ha par l'INERA (1994). Ces rendements, quoique très faibles, permettent de percevoir quand même un effet positif du zaï forestier, puisque les terrains initiaux (zipellés) avaient une valeur agricole quasi-nulle.

En comparaison, certains auteurs ont fait cas de rendements atteignant 1,5 t de grains par hectare (Kaboré,1995). Pour justifier la faiblesse des rendements obtenus pendant cette campagne, les paysans avancent plusieurs raisons dont les principales sont récapitulées sur le **Tableau 30**.

Les principaux facteurs responsables sont d'ordre climatique et édaphique. En effet, selon les producteurs, en année de bonne pluviométrie l'engorgement des poquets empêche le développement normal des plants ; Les autres facteurs indiqués sont liés aux pathologies (apparition massive de Striga sur certaines parcelles), aux semences fournies dont le cycle a été jugé trop long par les producteurs et au semis qui a été tardif.

Tableau 30 : Causes des mauvais rendements sur les placettes de zaï forestier selon les paysans

	Facteurs mis en cause				
	Pluviométrie	Sols	Pathologies	Semences	Semis
1) <i>Kindo Moussa</i>	Mauvaise	Peu profond	-	Cycle long	Tardifs
2) <i>Kindo Ousseni</i>	-	Peu profond	-	Cycle long	-
3) <i>Ouédraogo Ali</i>	Mauvaise	Peu profond	Striga	-	-
4) <i>Ouédraogo Soumaïla</i>	-	-	Striga	-	-
5) <i>Sawadogo Yacouba</i>	Mauvaise	-	-	-	-
6) <i>Tinto Harouna</i>	-	-	-	-	Tardifs
7) <i>Zoromé Boukari</i>	Mauvaise	Dégradé	Striga	-	-
8) <i>Zoromé Ousséni</i>	Mauvaise	Dégradé	-	Cycle long	-
9) <i>Zoromé Souleymane</i>	Mauvaise	-	-	-	-
10) <i>Wermi wendpengré</i>	Mauvaise	Dégradé	-	-	Tardifs

- : facteurs non mis en cause par le paysan

Indépendamment donc de la pluviométrie et du type de sol, la performance agronomique du zaï forestier est conditionnée par une bonne gestion des parcelles (contrôle des adventices, protection des cultures, choix de semences adaptées aux conditions locales et les semis précoces).

2.4. Le tapis herbacé

L'étude sur les performances du tapis herbacé (Sangaré, 2003) a été conduite dans la province du Yatenga sur des sites aménagés par la Fédération nationale des Unions des Groupements Naam (FUGN).

Les sites retenus sont situés dans trois villages : Sim, Ingaré et Benh. Deux niveaux sont considérés dans le choix des sites : l'âge d'aménagement (2 et 4 ans) et le type de gestion (reprise en culture ou toujours en jachère). Ces parcelles sont comparées à des parcelles témoins situées sur zipellé. Au total 8 sites de tapis herbacé ont donc été concernés par l'étude sur des glacis de pente moyenne avec deux types prédominants de sols selon la classification française (CPCS, 1967) : les sols ferrugineux lessivés indurés superficiels (FLIS) et les sols ferrugineux lessivés indurés profonds (FLIP).

2.4.1. Impact écologique

Les inventaires effectués par la méthode des points-quadrats sur des parcelles aménagées et laissées en jachère depuis 2 ou 4 ans. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 31**.

Tableau 31 : Richesses floristique et spécifique herbacées sur les sites de tapis herbacé

Villages	Age	Nombre d'espèces	Richesse spécifique
INGARE	4 ans	23	211
	2 ans	10	73
BENH	4 ans	12	162
	2 ans	7	109
SIM	4 ans	18	275
	2 ans	11	282

A partir du nombre d'espèces ensemencées, qui est généralement de 5 à 8 espèces, il s'est développé en moyenne 7 à 23 espèces par site. Toutefois, on note que les plus fréquentes sont celles qui ont été ensemencées au départ. Le nombre plus élevé des espèces sur les parcelles de 4 ans par rapport à celles de 2 ans se justifie par la succession floristique (Somé, 1996 ; Yaméogo, 1997). Selon cette succession, les communautés végétales des parcelles laissées en jachère dans les premières années passent d'abord par une période d'instabilité floristique, caractérisée par l'apparition d'un nombre élevé d'espèces. Il se produit au fil du temps un réajustement des espèces en fonction de l'état de fertilité du sol, conduisant à une stabilité floristique vers 9 à 10 ans de mise en jachère. Cette stabilité traduit, selon Hien (1995), une certaine évolution des conditions pédologiques et hydrologiques des milieux considérés. Il est donc conseillé de laisser les parcelles aménagées en jachère pendant une longue durée ou alors de trouver une alternative pour accélérer la reconstitution des propriétés du sol. Ceci peut se faire par l'introduction dans les parcelles d'espèces améliorantes telles que *Andropogon gayanus*.

2.4.2. Impact sur les propriétés chimiques du sol

Les résultats des analyses chimiques effectuées sur des échantillons de sol prélevés dans l'horizon 0 – 15 cm au niveau des trois villages sont présentées dans le **tableau 32**.

Tableau 32 : Caractéristiques chimiques des sols sur les sites de tapis herbacé

Traitements	C (g kg ⁻¹)	MO (%)	N (g kg ⁻¹)	pH eau	C/N	P (mg kg ⁻¹)
TH2	4,5	0,8	0,4	5,2	11,8	188,3
Témoin	4,0	0,7	0,3	5,1	12,1	176,5
TH4	3,6	0,6	0,4	4,9	9,5	192,9
Témoin	3,0	0,5	0,4	5,0	8,8	238,6
<i>CV (%)</i>	<i>51,48</i>	<i>51,49</i>	<i>28,35</i>	<i>12,7</i>	<i>34,67</i>	<i>28,20</i>
<i>F Prob. (Age)</i>	<i>0,25</i>	<i>0,25</i>	<i>0,53</i>	<i>0,87</i>	<i>0,30</i>	<i>0,93</i>
<i>F Prob. (Am.)</i>	<i>0,34</i>	<i>0,34</i>	<i>0,14</i>	<i>0,40</i>	<i>0,88</i>	<i>0,47</i>
<i>Signif.(5 %)</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>

NB : TH2 : Tapis Herbacé de 2 ans ; TH4 : Tapis Herbacé de 4 ans ; F Prob. : Probabilité ;

Am. : Aménagement ; Signif. (5%) : niveau de signification au seuil de 5 % ; NS. : Non Significatif ;

CV(%) : Coefficient de Variation.

L'analyse de la variance n'a pas révélé de différence significative non seulement entre les parcelles aménagées et les témoins et entre le tapis herbacé de 2 ans et celui de 4ans en ce qui concerne les teneurs en C, N, P totaux ; MO (%) et le pH eau du sol. Ainsi, le tapis herbacé même de 4 ans ne permet pas l'amélioration significative de la fertilité du sol. Toutefois, le coefficient de variation élevé (51 %) au niveau du carbone et du pourcentage de la matière organique indique une évolution plus rapide dans le temps et suivant le traitement. Cela s'explique par l'accumulation de litières produites chaque année par la présence du couvert herbacé qui contribuerait à accroître le stock de matière organique fraîche du sol. Par conséquent, une mise en jachère plus longue permettrait de reconstituer le stock de matière organique et plus généralement, la fertilité du sol. L'utilisation d'espèces à forte production de biomasse ou de légumineuse pourrait aussi permettre d'accélérer le processus.

2.4.3. Impact sur les rendements du sorgho

Les rendements obtenus sur les parcelles reprises en culture après aménagement en tapis herbacé, sont présentés sur la **Figure 9**.

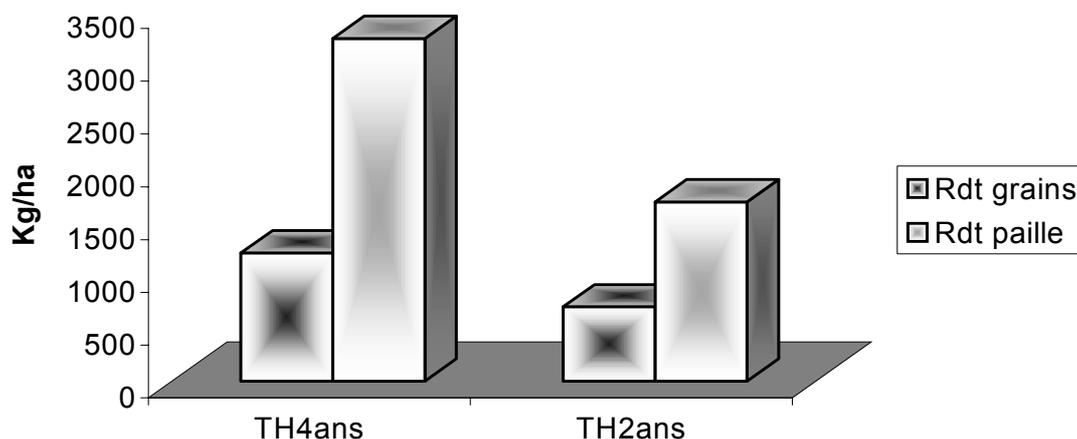


Figure 9 : Rendements grains et pailles du sorgho sur le tapis herbacé
(TH 4ans : Tapis herbacé de 4ans, TH 2ans : Tapis herbacé de 2ans)

Les résultats indiquent une tendance à une productivité plus élevée des parcelles remises en culture après 4 ans de tapis herbacé par rapport à celles reprises après seulement 2 années de tapis herbacé. Ceci pourrait s'expliquer par une plus grande amélioration de la structure et de la fertilité du sol par la restitution d'une biomasse plus abondante et son effet stimulant sur l'activité de la microflore et de la faune du sol ce qui est conforme à des travaux antérieurs qui ont confirmé l'inefficacité des jachères de trop courte durée. La décomposition cyclique du tapis herbacé offre chaque année de la matière organique et de l'humus qui constitue un facteur déterminant dans l'évolution quantitative et qualitative de la fertilité des sols (BUNASOLS, 1997). Des rendements similaires ont été observés sur des parcelles reprises en culture après des jachères d'âges différents (Hien *et al.*, 1991). Ainsi, une mise en jachère plus longue permet au sol de recouvrer ses propriétés. Mais là aussi, disponibilité des terres s'avère être un obstacle. La mise en culture des parcelles avant reconstitution complète du sol exigerait l'utilisation de grandes quantités de fertilisants.

2.5. Le décompactage à l'aide des charrues Treno et Delphino

2.5.1. Impact écologique

L'étude de l'impact du travail des charrues Treno et Delphino sur la dynamique de la végétation sur des terres dégradées a été entreprise dans la province du Soum (Zoubga, 2003). Cette province est située dans le Sahel Burkinabé et appartient à la zone de transition phytogéographique soudano-sahélienne ; avec une pluviométrie annuelle comprise entre 300 et 500 mm et une ETP moyenne annuelle (1960 à 2000) de 2167,9 mm.

Pour cette étude, trois sites aménagés par le projet GCP / «forêts et sécurité alimentaire au Sahel», ont été retenus dans 3 villages: Borghiendé, Sô, Gaïkgoata.

L'étude de l'impact du travail des charrues sur la dynamique de la végétation a été mesuré suivant deux méthodes : l'analyse linéaire de la végétation herbacée par la méthode des points quadrats de Daget et Poissonnet (1971) pour la végétation herbacée et l'inventaire pied par pied pour la végétation ligneuse.

• *Impact sur la végétation herbacée*

Quarante sept (47) espèces herbacées, composées en majorité de *Poaceae*, ont été recensées. Les proportions relatives des espèces rencontrées sur les parcelles témoignent d'une grande richesse floristique par rapport aux sites non travaillés, presque dépourvus de végétation herbacée. Cette richesse floristique témoigne des bonnes conditions du sol occasionnées par les aménagements. La présence d'un nombre élevé d'espèces sur les sols décompactés par rapport aux témoins serait la conséquence d'une bonne humidité créée par le travail du sol, qui a favorisé leur développement (Dugué et al., 1994 ; Nicou et al., 1991). En considérant deux âges d'aménagement (1997 et 1999) on constate que la richesse floristique, la fréquence spécifique et la production de biomasse des parcelles augmentent avec l'âge de l'aménagement comme indiqué sur le **Tableau 33**.

Tableau 33 : Richesse floristique, fréquence spécifique et biomasse herbacée

Charrue	Année	Nombre d'espèces	Fréquence spécifique	Biomasse (Kg(MS)/ha)
Treno	1999	34	715	2142,20
	1997	27	243	1806,58
Delphino	1999	25	580	1768,15
	1997	19	286	827,58

NB : la fréquence spécifique est calculée à partir des résultats obtenus par la méthode des points-quadrats, le nombre d'espèces est obtenu à partir de la liste fournie par la méthode des points-quadrats et complétée par les espèces de « parcours ». La biomasse est mesurée sur une surface de 1 m² délimitée par un cadre métallique jeté au hasard de façon à obtenir une biomasse représentative de toute la parcelle.

Si toutes ces espèces ont été régénérées à la faveur de l'humidité engendrée par le travail des charrues, il n'en demeure pas moins qu'elles s'adaptent au type de sol. A ce propos, Boudet (1984), remarque que les graminées annuelles de type sahélien deviennent abondantes sur les pénélaines et dépressions limoneuses à argileuses : cas de *Aristida adensionis*, *Panicum laetum* et *Schoenefeldia gracilis*. Ainsi, la nature de l'ouvrage, et en conséquence la capacité de stockage d'eau, sont de toute évidence les facteurs clés de régénération et de répartition des espèces herbacées.

• *Impact sur la végétation ligneuse*

La liste floristique obtenue à l'issue de l'inventaire pied par pied des ligneux sur les sites aménagés, comporte au total 12 espèces, dominées à 33% par le genre *Acacia*. Le **Tableau 34** donne les effectifs des espèces rencontrées et les espèces dominantes par traitement par type de parcelle et par le mode utilisé par les populations afin de permettre l'implantation des ligneux sur les parcelles travaillées.

Tableau 34: Composition floristique des ligneux et espèces dominantes (%) par type de parcelle et de mode de gestion de la régénération

Parcelles	Nombre d'espèces	Espèces dominantes	Taux (%)	Technique de gestion
Delphino/99	7	<i>Acacia nilotica</i>	14	Plantation et RN
		<i>Acacia raddiana</i>	70	
Delphino/97	8	<i>Acacia raddiana</i>	23	Semis direct et RN
		<i>Acacia seyal</i>	39	
		<i>Bauhinia rufescens</i>	18	
Treno/97	6	<i>Acacia raddiana</i>	27	Semis direct et RN
		<i>Acacia senegal</i>	40	
		<i>Ziziphus mauritiana</i>	22	
Treno/99	5	<i>Acacia raddiana</i>	55	Plantation
		<i>Bauhinia rufescens</i>	18	
		<i>Ziziphus mauritiana</i>	12	

RN : Régénération Naturelle

L'impact du travail du sol sur la dynamique de la végétation ligneuse est remarquable à travers les densités des plants obtenus par parcelle, par technique de reforestation utilisée et par la régénération naturelle. Les individus provenant de la RN se reconnaissent par leur apparition spontanée, leur distribution « au hasard » sur les parcelles, leur taille inférieure à 1 m et le diamètre du tronc à 30 cm du sol inférieur à 2 cm. Les densités de la régénération sont plus élevées sur les parcelles travaillées à l'aide de la *Tréno* que celles obtenues sur les parcelles travaillées à l'aide de la *Delphino*. Les taux de régénération des parcelles de 1997 sont également supérieurs à ceux des parcelles de 1999. Le nombre d'espèces varie avec le mode de reforestation et de l'outil de travail utilisé. La présence de toutes les espèces est liée à une dissémination des semences par les sujets-mères déjà productifs. Les facteurs qui influencent remarquablement la RN semblent être l'âge du travail du sol et le type d'aménagement appliqué.

Dans l'ensemble on observe une prédominance de l'effet du travail de la *Treno* sur celui de la *Delphino*. Cette tendance est perceptible sur le terrain et s'explique par le comblement des micro-bassins de la *Delphino* par rapport aux micro-sillons de la *Treno* qui demeurent actifs. Ce comblement a pour conséquence de réduire la capacité de collecte et de stockage des eaux de ruissellement et les semences transportées.

2.5.2. Impact sur les caractéristiques chimiques du sol

Les résultats de l'analyse chimique des échantillons de sol prélevés par Zoubga (2003) sur les sites de décompactage dans la province du Soum sont illustrés dans le **Tableau 35**. Les échantillons ont été prélevés sur l'horizon 0 – 15 cm en fin de campagne 2002 et les analyses ont porté sur les taux respectifs de Potassium, de Carbone, d'Azote et de Phosphore totaux et la détermination du pH eau. Les analyses ont été réalisées au laboratoire d'écologie de l'Université de Ouagadougou.

Pour cette activité, plusieurs types de parcelles ont été considérés : des parcelles travaillées à la *Treno* ou à la *Delphino*, en phase de régénération (PST et PSD) ; des parcelles agricoles reprises sur les parcelles travaillées après régénération dans un système agroforestier (PAT et PAD) et des parcelles témoins (T0). Ces différents types de parcelles ont été considérées pour chaque âge d'aménagement (1999 et 1997).

Tableau 35 : Caractéristiques chimiques des parcelles agricoles aménagées après décompactage

Traitements	K (%)	C (%)	pH	N(%)	P (%)
PST 99	0,25	0,48	6,8	0,043	0,019
PST 97	0,58	0,34	6,6	0,043	0,015
PSD 99	0,16	0,24	6,7	0,017	0,009
PSD 97	0,18	0,26	6,8	0,027	0,01
PAT 99	0,3	0,3	6,6	0,037	0,016
PAT 97	0,52	0,49	6,4	0,043	0,04
PAD 99	0,11	0,34	6,5	0,023	0,017
T0	0,18	0,19	6,6	0,015	0,007

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agricole ; D = Delphino ; T = Tréno ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Dans l'ensemble, les valeurs obtenus apparaissent faibles, mais les tendances indiquent une prédominance des parcelles travaillées sur les parcelles témoins. Parmi les parcelles travaillées à l'aide de la charrue *Delphino*, seule la PAD/99 a un taux de N égal à 0,03%. Les parcelles travaillées à l'aide de la *Tréno* ont des taux de N (compris entre 0,03 et 0,04) inférieurs au témoin dont le taux dépasse 0,06%. La parcelle PST/97 et le témoin ont les meilleurs taux de K (un peu moins de 0,6%).

Les valeurs du carbone, de l'azote et du phosphore avec la mise en culture. Ce qui est une contradiction avec l'assertion générale qui veut que ces éléments diminuent dans les sols des jachères après mise en culture. Cette situation serait peut être le fait de la gestion des parcelles reprises en culture et l'utilisation de grandes quantités de matière organiques et d'engrais minéraux par les paysans. Le pH des sols ne change ni en fonction du traitement, ni en fonction de la profondeur. Les valeurs essentielles, qui oscillent entre 6 et 7, ne s'écartent pas du pH normal d'un sol agricole. Ces sols sont faiblement acides à neutres.

Les résultats indiquent une tendance à l'amélioration des propriétés du sol avec l'âge sur les parcelles travaillées à la Treno (PST 99 et PST 97), on note par contre l'effet inverse pour le travail à l'aide de la charrue *Delphino* où il y a plutôt une évolution régressive des caractéristiques chimiques du sol. Pour les éléments analysés, les PSD ne présentent pas de différences vraiment significatives par rapport au témoin. On peut conclure à une bonne reprise de la fertilité du sol grâce aux micro-sillons actifs observés sur les parcelles travaillées à la Treno et qui occasionnent une importante végétation et la relance de l'activité biologique. A l'inverse, le colmatage au fil du temps des micro-bassins entraîne la disparition progressive de la végétation sur les sites de *Delphino*, une dégradation progressive de la fertilité du sol et un retour vers l'état initial. Le travail à la charrue Treno en tout point de vue donne donc les meilleurs résultats en matière de récupération des sols dégradés.

*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*

CONCLUSION GENERALE

Notre projet concerne principalement les axes 3 et 4 tels que retenus dans l'appel d'offres du programme LCD, c'est-à-dire l'analyse des techniques et technologies de lutte contre la désertification d'une part et les conditions socio-économiques de cette lutte, d'autre part.

Toutefois, pour mettre en place ces directions de recherche, nous avons été amenés à effectuer une recherche bibliographique sur la désertification et la dégradation des sols au Burkina Faso et les projets de développement rural mis en oeuvre depuis les années 1960, ainsi que sur les pratiques développées (axes 1 et 2 de l'appel d'offres).

1. Etat, caractérisation et suivi de la désertification, mécanismes et processus au Burkina Faso

Près de 65% du territoire du Burkina Faso se situe entre les isohyètes 500 et 800 mm. La période 1982-1984 semble être la plus sèche enregistrée depuis 1920 : les moyennes pluviométriques inter annuelles supérieures à 700 mm dans la zone soudano-sahélienne avant 1966, sont égales à 424 mm sur la période 1982-1986. Cette pluviométrie, tributaire de fortes irrégularités inter-annuelles, a connu de fortes baisses, notamment lors des années 1973-74 et 1983-84, occasionnant des périodes de sécheresse qui ont fortement modifié le milieu naturel.

A cause de cette péjoration du climat (réduction des précipitations totales), souvent conjuguée avec l'action de l'homme (défrichement, surpâturage, culture continue), la diminution de la couverture biologique du sol a exposé celui-ci aux agents de dégradation constitués par l'intensité des pluies, le ruissellement et les vents. Cette réduction du couvert végétal a réduit également la capacité de renouvellement de la matière organique, ce qui a signifié la baisse permanente de la fertilité des sols.

La forte croissance démographique (2,8%) et l'accroissement du bétail après les années de sécheresse, font que la pression sur les ressources naturelles, notamment les ressources en terres et en bois, devient de plus en plus importante. L'introduction des cultures de rente (coton, arachide), puis de la traction animale, a permis l'extension des surfaces cultivées. Cela entraîne en définitive la disparition progressive du couvert arboré qui laisse place à des savanes ou steppes sahéennes arides et à un sol plus exposé à l'érosion tant hydrique qu'éolienne.

La conséquence a été une dégradation accrue des sols dans les zones soudano-sahélienne et sahéenne du Burkina Faso au cours de ces dernières décennies, malgré l'intervention de nombreuses institutions de développement (ONG, projets et services étatiques). Cette dégradation physique, biologique et chimique a atteint des seuils pour lesquels une simple mise en jachère ne peut apporter une solution satisfaisante.

Dans le plateau central par exemple, les superficies cultivées ont plus que doublé (2,3 fois) tandis que les jachères ont été réduites de moitié. Le recul important des jachères traduit déjà la saturation des espaces cultivables ; situation que les populations elles-mêmes reconnaissent à travers les défrichements de terres marginales. L'importance de la diminution du couvert végétal est illustrée par une régression considérable des formations végétales qui se traduit par l'accroissement des formations arbustives claires caractéristiques des jachères et des zones sylvo-pastorales dégradées (+147%), des savanes herbeuses (+482%) (Hien, 1995). La dégradation des sols dans cette zone est illustrée par le développement de zones dénudées (zipellé) : leur superficie est passée de 1 % à près de 4 % de la superficie totale en 35 ans (1955 – 1990), soit une progression de 7,7 % l'an. Ces zones dénudées existent un peu partout dans le plateau central mais prennent plus d'importance dans la partie septentrionale de la région.

2. Usage des ressources et exploitation du milieu

La moitié Nord du Burkina est considérée comme une région où le déséquilibre entre la capacité de charge des écosystèmes naturels et leur niveau d'exploitation est fortement accusé. Les systèmes d'exploitation agricoles et pastoraux sont peu intégrés et utilisent peu d'intrants, ce qui a accentué les répercussions de la désertification et entraîné le cercle vicieux de la baisse des rendements et de la diminution de la production par habitant. Cette évolution s'est traduite par une réduction de la durée de la jachère, et même son abandon dans certains cas : le rapport jachère/champs cultivés est passé de 4 à 1,5 entre 1950 et 1990 au Burkina Faso (Mando, 1999).

Des estimations de la consommation de bois de chauffe faites à l'échelle nationale montrent que la quasi-totalité des provinces de la région connaît un déficit (Marchal, 1983). La consommation atteindrait 600 kg/habitant/an dans les centres urbains. Pendant ce temps, l'importance des plantations de production et des économies espérées par l'utilisation des foyers améliorés demeure insignifiante. En conséquence, les forêts naturelles continueront encore pendant longtemps la principale source d'énergie domestique.

D'un côté, le surpâturage du fait de la raréfaction des étendues herbeuses et de l'augmentation de la densité des troupeaux, provoque la disparition d'espèces végétales et le compactage du sol par piétinement. A cela s'ajoute l'ébranchage, voire la coupe, des arbres de savane afin de procurer un supplément nutritif au bétail durant la saison sèche. Le fourrage ligneux qui fournit l'essentiel des Matières Azotées Disponibles (MAD) est surexploité pendant la saison sèche en raison de la non disponibilité ou de la mauvaise qualité des herbacées utilisées aussi à d'autres besoins. Cette surexploitation de la strate ligneuse atteindrait 200 % des disponibilités dans le plateau central.

De l'autre côté, les systèmes de production reposent sur l'exploitation des ressources naturelles (eau, matière organique et éléments nutritifs) des écosystèmes. Les pratiques culturelles inadéquates, telles que le labour qui rend le sol vulnérable à l'érosion, ou l'exportation des résidus de récolte qui diminue la restitution organique au sol, ajoutées aux défriches mal conduites et aux feux de brousse, ont joué un rôle négatif dans l'évolution des sols et contribué à la disparition d'un couvert arboré, laissant le sol exposé à une érosion accrue. A titre d'exemple, 50 000 ha de superficie sont défrichés chaque année au Burkina Faso. Il faut ajouter à ce constat d'une mauvaise adaptation entre les pratiques traditionnelles et la dégradation des ressources naturelles, une interrogation quant aux décisions politiques prises, qu'il s'agisse de l'appropriation des ressources par l'Etat (à travers l'application de diverses réformes agraires et foncières), des obstacles à la participation des populations concernées dans l'élaboration des projets de développement et la déresponsabilisation des acteurs de développement.

Jusqu'au milieu des années 1970, l'approche utilisée reste principalement directive. Au cours des deux premières décennies qui ont suivi l'indépendance du Burkina Faso en 1960, seule une approche de type « top-down » est utilisée. Les aménagements anti-érosifs sont réalisés sans association véritable avec les populations villageoises, alors qu'elles en étaient les premières bénéficiaires. Malgré les moyens importants mobilisés, l'érosion du sol dans les zones d'intervention de ces projets restait encore préoccupante dans les années 1980, par suite d'un manque de maîtrise des ouvrages sur le long terme, d'un manque d'entretien et du fait de l'absence de consultation et d'implication des populations locales.

Pour remédier à ces difficultés, une réflexion s'est engagée afin d'analyser les cadres institutionnel et législatif de lutte contre la désertification au Burkina Faso, lors de la tenue en

1990 de l'atelier national sur l'évaluation et la mise en œuvre du Plan National de Lutte contre la Désertification (PNLCD). Cette concertation a permis de mettre en évidence : (i) la nécessité de clarifier ce que recouvre la notion d'environnement, à la fois ressources disponibles pour la satisfaction des besoins humains et réservoir de la biodiversité ; (ii) la nécessité de prendre des mesures afin de garantir l'accès des producteurs aux ressources naturelles et à renforcer leur participation aux programmes de développement ; (iii) la nécessité de renforcer les capacités institutionnelles et législatives en matière d'environnement.

Ces orientations stratégiques se sont traduites sur le plan institutionnel par la mise en place d'un processus de décentralisation, afin de responsabiliser les populations et renforcer les capacités locales, par la redéfinition des missions du Ministère chargé de l'environnement et par la création d'une structure de concertation, le CONAGESE (Conseil national pour la gestion de l'environnement). Sur le plan législatif, plusieurs textes ont été élaborés : Réorganisation Agricole et Foncière (RAF), Code de l'Environnement, Code Forestier, Code Minier, Code de l'Eau, Code Pastoral. La RAF a réduit dans une certaine mesure l'influence des responsables et du système traditionnel sur le comportement des individus, particulièrement en ce qui concerne la gestion des espaces sylvo-pastoraux. De « ressources de gestion communes » qu'ils étaient, les espaces sylvo-pastoraux sont devenus des « ressources d'accès libre » (Bognetteau-Verlenden *et al.*, 1992). L'expansion libre des terres cultivées et l'utilisation anarchique des pâturages par les éleveurs, transhumants ou non, ont entraîné leur dégradation. Dans le même temps, la gestion du domaine classé est demeurée pour l'essentiel orientée vers une simple protection et la répression des abus des droits d'usage. Face à l'insuffisance des services forestiers affectés à ces tâches, toutes les forêts classées de la zone sont aujourd'hui très fortement dégradées sous la pression du bétail et de l'exploitation clandestine du bois.

Alors que les approches précédentes, depuis l'indépendance avaient été tour à tour « productiviste », puis « sectorielle », au cours de la fin des années 1980, le Burkina Faso s'est engagé dans une approche « participative » de la gestion de ses ressources naturelles. Cela s'est traduit par une gestion des terroirs avec une participation effective des populations à l'élaboration des plans d'aménagement à long terme, à la maîtrise de leurs droits et à la dévolution des ressources financières. Des mécanismes de concertation et de coordination ont été mis en place, ainsi que des mécanismes de financements, de communication et de suivi-évaluation.

3. Techniques, technologies et moyens de lutte

De nombreuses techniques ont été mises en œuvre par les paysans en collaboration avec les projets et les structures étatiques pour lutter contre la dégradation des sols. Ce sont :

- les techniques qui contrôlent le ruissellement des eaux de surface pour assurer leur infiltration pour une grande part et aussi collecter les sédiments transportés par les eaux de ruissellement : zaï, diguettes en terre ou en bois, cordons pierreux ou diguettes en pierres, bandes végétales, demi-lunes ... ;
- les techniques qui améliorent la structure du sol, l'infiltration et la dynamique des éléments minéraux par la stimulation de l'activité biologique du sol : zaï, paillage, mise en défens ;

- les techniques qui améliorent la structure du sol par une perturbation physique du sol, pour assurer une bonne infiltration de l'eau et une bonne relation eau-sol-plante : sous-solage, scarifiage.

Les résultats de l'étude des impacts agro-écologique entrepris dans le cadre du projet LCD ont permis encore une fois de confirmer la pertinence des techniques utilisées dans la réhabilitation des terres dégradées et l'amélioration de la productivité. Les techniques étudiées ont un impact positif sur l'évolution de la végétation, les caractéristiques chimiques des sols et la productivité de terres touchées par la désertification.

Toutefois, ces techniques ont montré un certain nombre de contraintes qui limitent leur utilisation à grande échelle. Il s'agit ainsi du manque de matière organique disponible pour le zaï et le paillage ; le manque d'espace et les conflits d'intérêts dans l'utilisation de l'espace pour la mise en défens ; la lourdeur du travail au regard des outils utilisés, le manque de crédits et d'une législation sécurisant les exploitants des terres pour toutes les techniques.

En réaction à ces différentes contraintes, des mesures complémentaires ont été entreprises par les différents acteurs de développement rural. Ce sont entre autres, la végétalisation des ouvrages physiques de conservation des eaux et des sols, la création de fosses fumières et compostières pour la production de fumure organique, la mise en œuvre de la technique du tapis herbacé et le reboisement sous forme de bois de village ou dans les champs. Des combinaisons de différentes techniques sont également envisagées dans certains cas en vue de pérenniser les ouvrages (zaï/cordons pierreux, cordons pierreux/paillage...). Là aussi, des difficultés subsistent, notamment le problème de transport de matière organique et de l'eau pour la fabrication de la matière organique, le problème de distribution et de qualité des plants produits par les pépinières villageoises, etc.

Mais les techniques telles que le zaï et la demi-lune peuvent être améliorées en associant des fertilisants minérales à la matière organique généralement utilisée. Cette pratique permet de corriger les déficiences en certains éléments de la matière organique et d'obtenir ainsi des rendements considérables. La technique du zaï ne permettant pas un transfert de fertilité entre le poquet et l'entre-poquet, le creusage régulier de nouveaux poquets de zaï entre les anciens poquets pourraient tendre à homogénéiser la fertilité dans toute la parcelle. Pour minimiser la durée et le temps des travaux, la mécanisation du creusage paraît une perspective intéressante à envisager. Cette technique est déjà expérimentée dans la région et utilise une charrue à traction animale et deux type de dents (IR12 et RS 8).

L'aménagement des terroirs mérite d'être poursuivi compte tenu de l'amélioration des productions agricoles qu'il induit. Ces techniques, qui couvrent de nos jours plusieurs milliers d'hectares dans toute la zone sahéenne du Burkina Faso, ont un impact réel sur la récupération des terres dégradées, les productions agricoles, le système foncier et l'évolution des rapports sociaux dans les villages d'intervention des différentes structures.

4. Conditions sociales et économiques de la LCD

Nos recherches ont examiné les avantages et inconvénients, les atouts et contraintes des techniques principales de LCD au Burkina Faso. Les bilans écologiques (augmentation de la biodiversité) et agronomique (augmentation des rendements) de certaines d'entre elles sont indéniablement positifs. Toutefois, on peut s'interroger sur la faiblesse relative de leur adoption à une large échelle afin de restaurer les terrains dégradés qui couvrent une grande partie des zones considérées dans le cadre de ce projet.

Les résultats des projets et ONGs sont fortement fonction de leurs propres approches d'intervention dans les villages. La participation des producteurs s'est révélée insuffisante au début mais s'est nettement améliorée dans certains villages à la faveur du changement d'approche, désormais plus participative, que les intervenants ont été amenés à opérer.

Les résultats atteints sont encourageants. En effet, la réhabilitation des terres dégradées a permis (i) d'accroître les rendements des cultures et d'assurer en conséquence la sécurité alimentaire (ii) d'augmenter le niveau de l'épargne qui s'est traduite par des investissements dans l'achat d'animaux. D'un autre côté, les actions visant à promouvoir les techniques LCD ont accru la prise de conscience des producteurs par rapport au problème de la dégradation des ressources naturelles et donc à dynamiser les organisations des producteurs dans la lutte contre la désertification, même s'il demeure le problème de la participation pleine et entière à toutes les étapes des interventions (initiation, exécution, et suivi-évaluation). Cet impact positif a eu tendance à réduire l'émigration des jeunes des villages sans pour autant être l'unique raison des retours d'anciens émigrés au bercaïl.

L'analyse plus fine révèle cependant que l'impact des techniques est fortement fonction du (a) statut du membre du ménage (les femmes en bénéficieraient de manière plus mitigée) et (b) du niveau de richesse du ménage (les ménages les plus démunis ne sont pas à même d'en profiter pleinement). En outre, il ressort que les techniques de LCD auraient contribué, du moins dans la zone du Yatenga-Zondoma, à réduire la pauvreté dans les villages aux dires des producteurs eux-mêmes. Les techniques LCD ont également eu pour effet de modifier le système de production et notamment le mode d'élevage qui tend à s'intensifier afin de mieux produire la fumure organique nécessaire au zaï : stabulation, production de fourrage,...

On a observé que certains paysans (dits innovateurs), sont susceptibles non seulement d'adopter les techniques mais aussi de les améliorer en les adaptant et de contribuer à les diffuser auprès d'autres producteurs. Par leur travail ils ont montré qu'il est possible de créer un système agrosylvo-pastoral intégré dans un environnement bio-physique dégradé et d'en tirer bénéfice à court, moyen et long termes.

Ainsi, la technique du zaï, qui pourtant correspond à un savoir ancien, offre un bon exemple de ce hiatus qui semble exister entre l'efficacité d'une technique, son adoption et sa généralisation. Les arguments défavorables ont certes été détaillés au cours de cet exposé : charge de travail importante, problème de la fumure, coût du transport pour installer les diguettes. Ce qui peut donner des résultats peu probants sur le plan financier si le paysan doit prendre à sa charge l'essentiel de ces coûts. Dans l'ensemble, les coûts des aménagements sont loin d'être négligeables et ne peuvent être couverts par les recettes agricoles émanant de tous les types d'ouvrages anti-érosifs.

L'avenir de l'aménagement des terroirs reste une question posée en l'absence d'une assistance quasi continue. En effet, l'adhésion des populations pour les techniques de réhabilitation reste pour une part importante liée à l'appui technique et financier des projets. Cela limite fortement la durabilité et la reproductibilité des actions, qui ne sont plus garanties dès que l'intervenant extérieur se retire du village. Comme nous l'avons montré, une majorité de paysans se déclarent intéressés par les techniques LCD. Mais il s'agit d'une adhésion par rapport à un intérêt venu de l'extérieur, ce qui introduit un biais important dans l'estimation des besoins réels et sur le soutien subséquent aux actions entreprises de la part de ces populations.

Au regard de tous les impacts ci-avant décrits, il est recommandable que des mesures soient prises pour favoriser l'acquisition d'équipements par les producteurs pour pérenniser les acquis de ces techniques, étant donnée la charge et la pénibilité des travaux exigés par les techniques.

D'autres hypothèses explicatives doivent être recherchées quant aux obstacles à la diffusion d'une technique de LCD. Nous prendrons pour cela l'exemple du zaï.

- **La tradition et les innovations**

Même si le zaï est une technique qui possède une longue histoire, principalement dans les provinces du Passoré et du Yatenga, où elle a été reprise par les paysans il y a une vingtaine d'années, à partir d'une utilisation traditionnelle et ponctuelle pour récupérer les terrains dégradés, cette technique est toujours considérée comme « exogène ». Cela d'autant plus qu'elle est préconisée, améliorée et développée avec l'aide d'appuis extérieurs, même sur une base participative (projets, ONGs).

L'adoption d'une technique innovante doit tenir compte de la tradition, d'autant plus dans la société Mossi, qui est dominante dans les zones considérées, où la hiérarchie est dominée par les plus anciens quant aux décisions à prendre. De plus, le zaï amélioré n'est pas simplement une technique : il s'agit d'un changement de pratique, relié de très près à l'identité agricole. Par comparaison, l'utilisation de la charrue (pour les paysans qui en ont les moyens) a été beaucoup plus facilement adoptée, car elle ne constitue qu'un outil qui soulage la main d'œuvre.

- **La question du foncier**

Toute diffusion d'une technique de réhabilitation des terres, lorsqu'elle vise une augmentation des rendements agricoles, comme celle du zaï, suppose que les lois foncières soient clarifiées au Burkina Faso. En effet, une restauration de terres devenues incultes ne peut être entreprise tant que les modes d'appropriation de la terre ne seront pas définis, acceptés et respectés.

Cette lacune du droit de location de la terre sur de longues périodes, empêche de réhabiliter des terrains, si ces terres bonifiées peuvent être récupérées à tout moment par leur propriétaire. Cela entraîne la pérennité de l'emploi de la technique sur des champs qui produisent déjà et l'abandon des parties devenues incultes, sans tentative pour les récupérer ou essayer de freiner leur dégradation.

- **L'écologie et le paysan**

Il convient de s'interroger également sur les notions de protection et de la restauration de l'environnement, telles que préconisées par la plupart des projets et des organismes de recherche. Le paysan Mossi, par exemple, n'agit pas dans l'optique de la sauvegarde de son environnement. Il reste en premier lieu concerné par la production de ses récoltes.

Lorsqu'on cherche à développer une technique – telle le zaï – pour réhabiliter des sols dégradés, on utilise cette technique culturelle dans un but tout différent de celui qui est celui du paysan, c'est-à-dire accroître ses rendements. Les deux notions, celle agricole et celle écologique, ne sont pas conciliables facilement de façon explicite. Cela suppose une certaine perception de l'environnement et une vision commune de l'exploitation des terres à l'échelle du village, voire de la région. Cette vision est d'autant plus difficile à faire valoir, par rapport à l'habitat très dispersé du plateau Mossi du centre et du nord du Burkina.

- **L'échelle des actions**

La généralisation d'une technique, surtout lorsque l'on veut l'appliquer à la réhabilitation des terres sur une vaste étendue, ne peut se faire à l'échelle du seul paysan. Cette généralisation ne peut aller de pair qu'avec une synergie des capacités villageoises dans leur ensemble.

Au lieu d'opposer deux manières de considérer les techniques LCD : l'une, avec peu de moyens extérieurs, autour de « micro-projets », l'autre avec des moyens importants et une aide technique conséquente, il convient, au contraire, de les concilier. Ainsi, le zaï amélioré possède une valeur démonstrative indéniable, par l'intermédiaire des paysans novateurs qui l'adoptent. Mais les opérations de récupération des terres hors des champs cultivés réclame une aide extérieure importante, si possible sur une base participative.

- **En conclusion**, il s'avère donc indispensable que des actions de recherche soient poursuivies afin de regrouper des informations qui permettront la mise en place d'outils de suivi de l'état de surface, dont les indicateurs de qualité des sols ou de l'état de la végétation, à travers les indicateurs de la désertification. Ces informations permettront aussi de définir des politiques de réhabilitation des sols qui prennent en compte les conditions socio-économiques et écologiques des régions. Aussi, un effort de recherche doit être également mené pour évaluer la durabilité et la rentabilité économique des différentes techniques utilisées ou vulgarisées.

Ces mesures techniques de réhabilitation des sols doivent être accompagnées par des mesures politiques qui rendront plus effectives les actions de réhabilitation. Il faudrait, entre autres :

- (1) appliquer la législation foncière en vigueur, car seule une sécurisation foncière pourrait rassurer les femmes et les paysans sans terres ;
- (2) adapter les techniques aux contraintes foncières : il s'agit là de choisir un niveau d'intervention pertinent (l'échelle du quartier apparaît, dans beaucoup de cas, pertinent pour régler la question de la divagation des animaux, celle des reboisements et mener, de proche en proche, une véritable gestion des terroirs) ;
- (3) adopter une approche de gestion des terroirs qui permet d'aborder les questions d'utilisation des espaces inter-villageois, de passage des troupeaux transhumants, de contrôle de l'immigration ;
- (4) obtenir une garantie d'obtention de crédits agricoles pour les paysans pauvres mais surtout définir des politiques de partage des coûts de réhabilitation entre les paysans et la société toute entière qui, elle aussi, profite des bénéfices des activités de réhabilitation ;
- (5) enfin, accompagner les activités de réhabilitation d'un paquet de technologies agronomiques éprouvées et adaptées aux conditions socio-économiques. Cela inclut l'utilisation de semences sélectionnées, l'irrigation de complément quand cela est possible, le maintien et/ou l'augmentation du capital d'éléments minéraux dans le sol.

BIBLIOGRAPHIE CITEE

- Achard F., Hiernaux P., Banoïn M., 2001 : Les Jachères fourragères naturelles et améliorées en Afrique de l'Ouest. Dans *La jachère en Afrique Tropicale*, Vol 2 : *De la jachère naturelle à la jachère améliorée ; le point des connaissances*. John Libbey Eurotext, Paris, pp 201-239.
- ADRK, 8^e phase : *Appuis aux dynamiques locales, Revitaliser des Terroirs, Programme quinquennal 2000-2004*. 173 p.
- AFVP, 1989 : *Rapport annuel d'activités, 94p.*
- AFVP, 1990 : *Rapport annuel d'activité, 78p.*
- Albergel J., Diatta M., Grouzis M. et Sene M., 1995 : Réhabilitation d'un écosystème aride par l'aménagement des éléments du paysage. In Pontanier et al. (eds.). *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* : pp. 293-306.
- Albergel J., Diatta M., Pepin Y. et Sene M., 1999 : Aménagement hydraulique et bocage dans le bassin arachidier du Sénégal. In *La jachère en Afrique tropicale*, Floret & Pontanier, vol. 1, pp.741-750.
- Albergel J., Ribstein P. et Valentin C., 1986 : L'infiltration : quels facteurs explicatifs ? Analyse des résultats acquis sur 48 parcelles soumises à des simulations de pluies au Burkina Faso. *Journée hydrologique de l'ORSTOM*, Montpellier, pp. 25-48.
- Ambouta J. M. K., Moussa I. B. et Ousmane S. D., 1999 : Réhabilitation de jachère dégradée par la technique du paillage et du zaï au sahel. In *La jachère en Afrique tropicale*. Floret & Pontanier (éd., 2000), vol. 1, pp. 751-759.
- Atampugre N., 1993 : *Au-delà des lignes de pierres. L'impact social d'un projet de conservation des eaux et du sol dans le Sahel*. OXFAM, 202p.
- Baize D., 2000 : Guide des analyses en pédologie, 2^{ème} édition. INRA, Paris, 257p.
- Barro, A., 1997 : Effet du travail du sol en sec à la dent Rs8 sur l'amélioration de la production du sorgho au Burkina Faso. In Pirot et al. (éds.) : pp.61-63
- Benoît D. et Pastor M., 1997 : *Manuel des techniques de conservation des eaux et sols au Sahel*. CILSS, PRECONS, Ouagadougou, 47p.
- Bognetteau-Verlinden E., Graaf S.v.d., Kessler J.J., 1992 : *Aspects de l'aménagement intégré des ressources naturelles au Sahel*. Documents sur le gestion des ressources naturelles tropicales n°2. Université de Wageningen, 104p.
- Boiffin J. 1984 : *La dégradation structurale des couches superficielles sous l'action des pluies*. Thèse docteur ingénieur, INAPG, Paris, 230p + annexes.
- Bonzi M. 1989 : *Etudes des techniques de compostage et évaluation de la qualité des composts : Effets des matières organiques sur les cultures et la fertilité des sols*. Mémoire IDR ; 66 p.
- Boudet G., 1984 : *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*. ORSTOM/IEMVT, 4e éd Rev, 266p.
- Boulet R., 1968 : Carte pédologique de reconnaissance de la Haute Volta (Nord et Centre Nord), 1/500000. ORSTOM, Paris, France.
- Boutrais, J., 1996 : Population et environnement pastoral en Afrique tropicale. In Gendreau, F. ; Gubry, P. ; Véron, J. (éds), *Populations et environnement dans les pays du Sud. Colloque Economie et Développement*. Karthala-Ceped, pp. 177-198
- BUNASOLS, 1997 : *Etude de l'impact de la technique du tapis herbacé pour la récupération des terrains dégradés*. Rapport technique n°104, 116 p.
- Casenave A. et Valentin C., 1989 : *Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration*. Collection didactique, ORSTOM, Paris, France, 230p.

- Collinet J., Valentin C., Asseline J., Hoepffen M., Pepin Y., 1980 : *Ruissellement, infiltration et érosion en zones soudaniennes et subdésertiques*. Rapport de terrain de la seconde « opération Niger », 36p.
- Daget P. et Poissonnet J., 1971 : Méthode d'analyse de la végétation des pâturages. Critères d'application. *Ann.-Agron.*, 22 : 4-41.
- Dakio L., 1999 : *Contribution à l'analyse des critères de durabilité du zaï dans le Yatenga. Effets du zaï sur le niveau organique et minéral des sols et sur les rendements du sorgho dans le Yatenga et le Zandoma*. Mémoire IDR, 109 p.
- David F., 2003 : *Action de la macrofaune sur la fertilité des sols dans une succession végétale : rôle des termites dans un système de zaï forestier au Yatenga (Burkina Faso)*. Rapport de stage Ingénieur-Maître, Université de Provence, IUP/ENTES, IRD : 21 p.
- Detraux M. et Keïta M.N., 1999 : *Etude d'impact du travail des charrues Delphino et Treno sur la récupération des terres fortement dégradées*. FAO/Projet GCP/ RAF/ 303 ITA, Forêts et Sécurité Alimentaire en Afrique Sahélienne, 76p.
- Devineau J.L. : Lecordier c et Vuattoux R., 1994 : Evolution de la diversité spécifique du peuplement ligneux dans une succession préforestière de colonisation d'une savane protégée des feux (Lamto : CI). *Candollea*, 39 : 103-134.
- Djimadoum M., 1999 : Recherche des facteurs favorables à l'installation du peuplement de *Andropogon gayanus* Kunth. dans les jachères en savane soudano-sahélienne. Cas de la région de Bondouky, Burkina Faso. Mémoire de DEA, 67 p.
- Donnelly-Roark, P. ; Ouedraogo, K. ;Ye, X. (2001) : Can local institutions reduce Poverty? Rural Decentralisation in Burkina Faso. The World Bank, Policy Research Paper No.2677, 39p.
- DPA, 2001 : *Bilan d'activités dans le cadre du PS/CES-AGF composantes CES et I.A, campagne 2001*, Yatenga, 11p.
- DRA, 2001 : Direction Régionale du Centre Nord, *rapports d'activités*, 19p.
- DREEF, 2000 : *Bilan de l'exécution technique du projet Front de Terre à la DREEF/CN pour les deux premières campagnes (1999 et 2000)*, 8p.
- Dugué P., Rogriguez L., Ouaba B. et Sawadogo I., 1994 : *Les techniques d'amélioration de la production agricole en zone soudano-sahélienne. Manuel à l'usage des techniques du développement rural élaboré au Yatenga*. CIRAD, 209p.
- Faho, T., 1988 : Lutte anti-érosive, gestion des eaux de surface dans le Yatenga : les actions du FEER et ex-ORD. *Actes de l'atelier de coordination, tome 2 : les communications*, PS-CES/AGF, IPD/AOS, pp.51-69.
- FAO, 1996 : *L'évolution des systèmes de production agropastorale par rapport au développement durable dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne*. 162p.
- FNGN, 1996 : Rapport d'annuel d'activités de la Cellule Agroforesterie de la Fédération des Unions des groupements Naam (FUGN), campagne 1995-1996. OXFAM, 19p.
- FNGN, 1997 : Rapport d'annuel d'activités de la Cellule Agroforesterie de la FUGN, campagne 1996-1997. Projet OXFAM, Belgique, 26p.
- FNGN, 1998 : Rapport d'annuel d'activités de la Cellule Agroforesterie de la FUGN, campagne 1997-1998. Projet OXFAM, Belgique, 12p.
- FNGN, 2000 : Rapport d'annuel d'activités de la Cellule Agroforesterie de la FUGN, campagne 1998-1999. Projet OXFAM, Belgique, 9p.
- FNGN, 2001 : Rapport d'annuel d'activités de la Cellule Agroforesterie, Projet CES/GRNA
- Fontès J. et Guinko S., 1995 : Carte de la végétation et de l'occupation des sols au Burkina Faso. Carte et notice explicative. Echelle (1/1 000000) : notice explicative. Ouagadougou, Burkina Faso : Ministère de la Coopération française. Projet Campus.

- Institut du Développement Rural. Faculté des sciences et techniques, Univ.de Ouagadougou, 67 p.
- Fournier A., Serpantié G., Delhoum J. P. et Gattelier R., 2000. Rôle des jachères sur les écoulements de surface et l'érosion en zone soudanienne du Burkina Faso. Application à l'aménagement des versants. In Floret et Pontanier (eds.), *La jachère en Afrique tropicale*, John Libbey Eurotext, pp.179-188.
- Gascon, J. F., 1987 : *Manuel de lutte anti-érosive. Les techniques de lutte contre le ruissellement et l'érosion sur les parcelles de culture au Burkina Faso*. FEER, 45p.
- GERES, 1964 : Périmètre de restauration des sols de Ouahigouya. Note techniques des travaux, 107p.
- GERES, 1965 : Compte rendu des activités de la section travaux. Grouzis M., 1983 : *Problème de désertification en Haute Volta. Session de formation sur la conservation des eaux et des sols au sud du Sahara*. Ouagadougou, EIER, Burkina Faso
- Guillobez S. et Zougmore R., 1991 : Etude du ruissellement et de ses principaux paramètres à la parcelle (Saria, Burkina Faso). In *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale*. Ed. John Libbey Eurotext, Paris, pp.319-329.
- Guinko S., 1984 : *Végétation de la Haute Volta*. Thèse de doctorat ès-sciences naturelles Université Bordeaux III, Tome 1, 318 p.
- Herblot G., 1984 : Une expérimentation « travail du sol en sec » en Haute Volta. In *La sécheresse en zone intertropicale Pour une lutte intégrée*. Actes du colloque « Résistance à la sécheresse en milieu tropical : quelles recherches pour le moyen terme ? ». Dakar Ngor, 24 au 27 septembre. CIRAD-GERDAT-ISRA, pp.327-340.
- Hien F. G., 1995 : *La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel : une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso*. Document sur la gestion des ressources tropicales 7. Université Agronomique Wageningen, 219 p.
- Hien V., Sédogo M.P., Lompo F., 1991 : Etude des effets des jachères de courtes durée sur la production et l'évolution des sols dans les systèmes de culture du Burkina Faso. In *La jachère en Afrique de l'Ouest*, pp 221-232.
- Hoogmoed W. B., 1999 : Tillage for soil and water conservation in the semi-arid tropics. Wageningen university. *Tropical resource Management Papers*, 24, 184p.
- Hoogmoed W.B. & Stroosnijder, 1984: Crust formation and sandy soil in the Sahel II: tillage and its effects on a water balance. *Soil Tillage Ressource*, 4: 321-337.
- Hullugale, N.G. ; de Koning, J. ; Matlon, P.J.(1990): Effects of rock bunds and tied ridges on soil water content and soil properties in the Sudan Savannah of Burkina Faso in *Trop. Agr.* 67: 149-153.
- INERA, 1994 : *Les systèmes de production dans la zone Ouest du Burkina Faso : potentialités, contraintes, bilan et perspectives de recherche*. Ouagadougou, 48p.
- INERA, 1995 : Rapport analytique des activités de Recherche/Développement de l'INERA dans le cadre du PS-CES/AGF dans le Plateau Central 1994-1995 Ouagadougou-Burkina Faso, 74 p.
- Kaboré et al., 1995 : *Analyse des stratégies paysannes dans les régions Centre et Nord-Ouest du Burkina Faso : approche et quelques résultats*. Réseau SADAOC, INERA, Burkina Faso, Université de Ouagadougou, Burkina Faso et Université de Groningen, Pays-Bas
- INERA, 1994 : Les systèmes de production dans la zone Ouest du Burkina Faso : potentialités, contraintes, bilan et perspectives de recherche, Ouagadougou, 48p.
- INERA, 1995 : Rapport analytique des activités de Recherche/Développement de l'INERA dans le cadre du PS-CES/AGF dans le Plateau Central 1994-1995 Ouagadougou-Burkina Faso, 74 p.

- Kaboré, D., 2001 : Performance des techniques de conservation des eaux et du sol en champs paysans à Donsin, Burkina Faso. *In Annale de l'Université*, Série A, INERA (GRN/SP) Ouagadougou : pp 109-130
- Kaboré D., Bertelsen M., et Lowenberg-DeBoer J., 1993 : L'économie de construction des cordons pierreux sur le sorgho et le mil au Burkina Faso. *Dans Recherche Intégrée en production agricole en gestion des ressources naturelles* édité par Lowenberg-DeBoer J., Jean-Marc Boffa, John Dickey et Edward Robins, Purdue University et Winrock International et INERA, 1995: 98-111.
- Kaboré, P. .D., 2003 : *Aménagements et impacts socio-économiques, Etude Plateau Central, Rapport de travail No4*
- Kaboré, P.D.; Kambou, F.; Dickey, J.; Lowenberg-Deboer, J.(1994): Economics of rock bunds, mulching and zai in the northern Central Plateau of Burkina Faso: A preliminary perspective. *In Lowenberg-Deboer, J., Boffa J.M., Dickey, J. et Robins, E. (eds) Integrated research in Agricultural production and natural resource management*, Purdue University , INERA and Winrock Int. , West Lafayette, IN, USA: pp. 67-82
- Kaboré, P..D. et Reij, C., 2003 : *Emergence et diffusion d'une technique traditionnelle améliorée : le cas du zai, étude Plateau Central*. Rapport de travail No 13 Version anglaise présentée a un atelier IFPRI sur « Successes in African Agriculture » Lusaka, Zambie, 10-12 Juin 2002
- Kaboré V. S., 1994 : *Amélioration de la production des sols dégradés (zipellé) du Burkina Faso par la technique des poquets (zai)*. Thèse de doctorat, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne, 199p + annexes.
- Kaboré V. et Valdenaire S., 1991 : *Contribution à l'étude du zai, pratique culturale réhabilitée au Yatenga, Burkina Faso : première approche de ses avantages et limites en tant qu'alternative pour les cultures en milieu sahélien*. Mémoire de recherche, EPFL, 57p.
- Kaboré, P.D. ; Kaboré, T.S. ; Maatman, A. ; Ouédraogo, A.A. ; Schweigman, C. ; Ruijs, A, (1995) : *Analyses des stratégies paysannes dans les régions Centre et Nord-Ouest du Burkina Faso: approche et quelques résultats*. Projet Analyse des Stratégies Paysannes, Réseau SADAOC., INERA, Burkina Faso. Université de Ouagadougou, Burkina Faso et Université de Groningen, Pays-Bas, 49 p.
- Kambiré, L., 2002 : *Etude de l'influence du mode de gestion des bandes végétatives (Andropogon gayanus Kunth) sur le rendement du sorgho et le bilan hydrique du sol*. Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso-Institut du Développement Rural (UPB-IDR), 89p.
- Kambou, F. N., Zougmore, R., 1995 : Evolution des états de surface d'un zipellé soumis à différentes techniques de restauration des sols. Yilou, Burkina Faso. XIIes journées du Réseau Erosion, Paris, 14p.
- Kessler J. J. et Geerling C., 1994 : *Le profil de l'environnement du Burkina Faso*. Université agronomique de Wageningen, 63p.
- Kessler N.F. et Boni J., 1991 : L'agroforesterie au Burkina Faso. *Tropical Ressource Management Papers*, n°1, Wageningen agricultural university, 144p.
- Ky-Dembélé, C.; Zougmore, R. ; Traoré, R., 1995 : *Conservation des Eaux et des Sols - Agroforesterie. Recueil de fiches techniques*. Programme collaboratif PS/CES-AGF, INERA, IRBET, 34p.
- Laguemvaré T. A., 2003 : *Reconstitution des sols dégradés et de la diversité biologique : « étude de la succession végétale et de l'action des termites dans un système de zai forestier (province du Yatenga, Burkina Faso) »*. Mémoire de fin d'études, UPB/ IDR, IRD : 80 p.
- Lamachère & Serpantié, 1992 : *Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur champs cultivés en mil en zone soudano-sahélienne, région de Bidi, Province du Yatenga, Burkina Faso*. ORSTOM.

- Lamachère J. M. et Serpantié G., 1991 : Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur champ cultivé en mil en zone soudano-sahélienne, Burkina Faso. In *Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en aride* : pp.165-178.
- Lamachère et Serpantié, 1995 :
- Lavigne-Delville, 1996 : *Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel. Diagnostic et Conseil aux paysans*. Collection « Le Point sur », 397p.
- Lowenberg D .B., Tahirou A., Kaboré D., 1993 : *The opportunity Cost of capital for Agriculture in Sahel* : Case study Evidence from Niger and Burkina Faso.
- Maatman A., Sawadogo H., Schweigman C. et Ouedraogo A., 1998 : Application of zaï and rock bunds in the nord west region of Burkina Faso. Study of its impact on household level by using a stochastic linear programming model. *Netherlands journal of Agriculture science*, 46 : 123-136.
- Mando A. et Stroosnijder L., 1999 : The biological and physical role of much in the rehabilitation of crusted soil in the sahel. *Land use and management* 15 : 123-130.
- Mando A., 1997 : The role of termites and match in the rehabilitation of crusted sahelian soils. Thesis, Wageningen agricultural university, *Tropical ressource Management Papers*, No16, 101p.
- Mando A., 1999 : *Integrated land management for food production in Burkina Faso : environmental institutional and socio-economical issues*. Rome, FAO, 97p.
- Mando A., Zougmore R., Zombre P., Hien V., 2001 : Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique subsaharienne. In : *La jachère en Afrique Tropicale Vol 2 : de la jachère naturelle à la jachère améliorée ; le point des connaissances*, pp 311-339.
- Mando A., Kiepe P. et Stroosnijder L., 1999 : Effet des bandes d'*Andropogon gayanus* Kunth sur le ruissellement et la teneur en eau du sol. *Bulletin Réseau Erosion* 19, 1999., 1 : 153.
- Mando, A. and Brussard, L., 1999 : The role of termite in the breakdown of straw under sahelian condition. *Biological and Fertility of Soil*, n°9 : pp.332-334.
- Mando, A. and Miediema, R., 1997 : Termite induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in the Sahel. *Applied Soil Ecology*, n°6 : pp.61-63.
- Marchal, J.Y., 1982 : L'option pour extensif : l'évolution de l'agriculture Mossi (Haute-Volta) in NN vol. 147/148 : pp.63-67.
- Marchal, J.Y., 1985 : La déroute d'un système vivrier au Burkina: agriculture extensive et baisse de production. In: *Economie des Vivres*, juillet-décembre 1985: 265 – 280.
- Marchal, J. Y., 1983 : Yatenga, Nord Haute Volta. *La dynamique d'un espace rural soudano-sahélien*. Travaux et Documents de l'ORSTOM, Paris, 873p (+ cartes hors texte).
- Marchal, 1986 : Vingt ans de lutte anti-érosive au Nord du Burkina Faso. *Cahier ORSTOM Vol XXII n° 2* : pp.173-180.
- Mietton M., 1986 : Méthodes et efficacité de la lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologie*, 22 (2) : 181-196.
- Mietton, M., 1981 : Lutte anti-érosive et participation paysanne en Haute Volta. In *Géo. Eco. Trop.*, 5 (1) : 57-72.
- Mietton , M., 1986 : Méthode et efficacité de lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. *Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., vol. XVII, n°2* : pp.181-196.
- Ngaye T., 2000 : *Influence des techniques de conservation des eaux et des sols sur les propriétés hydrodynamiques des sols et les performances du sorgho en zone soudano-sahélienne : cas des cordons pierreux et des bandes végétatives*. Mémoire de fin d'études, UPB, IDR, 69p.

- Nicou R., Ouattara B. et Somé L., 1990 : Effets des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, maïs, mil) au Burkina Faso. *L'agronomie tropicale*, 45 (1) : 43-57.
- Nicou R., Ouattara B., et Somé L., 1987 : *Etude des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, maïs, mil) au Burkina Faso*. INERA, 77p.
- Ouattara B., 1984 : *Action des techniques de travail du sol sur le bilan hydrique et les rendements d'une culture de sorgho en fonction du type de sol*. Mémoire I.S.P. (U.O.). 109 p.
- Ouédraogo B. L., 1998 : L'expérience des groupements Naam dans la lutte contre la désertification au Yatenga. Sociétés rurales et environnement. In *Gestion des ressources et dynamiques locales au sud*, éd (Rossi G, Lavigne Delville P et Narbeburu D.) : 203-212.
- Ouédraogo, M., 1987: *Projet Agro-Forestier, rapport d'activités de la campagne 1987*.
- Ouédraogo M., Ouédraogo A., Kaboré P.D., Belemviré A., Zida C., Reij, C., 2001 : *Etude d'impact des actions de CES, d'agroforesterie et d'intensification agricole au Plateau Central*, Vrije Universiteit, Amsterdam, Pays-Bas.
- PAE/Sahel, 2000 : *Rapport semestriel du Projet Agro-Ecologie*, 21p.
- PATECORE, 1990 : *Rapport d'activités de la campagne 1989-1990*
- PATECORE, 1995 : *Rapport d'activités de la campagne 1994-1995*, 69p.
- PATECORE, 1998 : *Rapport d'activités de la campagne 1997-1998*, 49p.
- PATECORE, 2000 : *Rapport d'activités de la campagne 1999*, 55p.
- PATECORE : *Evaluation des aménagements anti-érosifs dans le cadre du P.A.TE.CO.RE : Analyse de cas dans six (6) terroirs villageois*.
- PDES-II, 2001 : *Note de présentation du Projet de Développement de l'Elevage dans la Province du Soum-Phase II (PDES-II)*, Sept. 2001, 8 p.
- Penning de Vries F.W.T. et M.A. Djitéye, 1982 : *La productivité des pâturages sahéliens : une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle*. Wageningen. 525 p.
- Pieri C., 1989 : *Fertilité des savanes. Bilan de trente ans de recherches et de développement agricole au sud du Sahara*. Ministère de la coopération, CIRAD, Paris, 444p.
- Pontanier et al., 1995 : *L'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* John Libbey, Eurotext
- Reij C., Scoones I. et Toulmin C., 1996 : *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique*. Editions Karthala, 260p.
- PS-CES/AGF, 2002 : *Note de présentation du Programme Spécial CES/AGF dans le plateau central*, 12p.
- Reij, C., 1983 : *L'évolution de la lutte anti-érosive en Haute Volta depuis l'indépendance: vers une plus grande participation de la population*. Vrije Universiteit, Amsterdam, Institute for Environmental Studies.
- Reij, C. et Thiombiano T., 2003 : *Développement rural et environnement au Burkina Faso: la réhabilitation de la capacité productive des terroirs sur la partie nord du Plateau Central entre 1980 et 2001*. Ouagadougou, Ambassade des Pays-Bas, GTZ-PATECORE et USAID.
- Rochette R. M., 1989 : *Le Sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences*, CILSS/ PAC/ GTZ, 592p.
- Robert M., 1992 : *Le sol, une ressource à préserver pour la production et l'environnement*. *Cahiers d'Agricultures*, vol. 1, n°1 : pp.20-34.
- Rochette, R. M. et Monimart, M., 1993 : *Lutte contre l'érosion et la désertification*. In Bosc, P. M. ; Dollé, V., Garin, P.; Yung, J.M. (éds), *Le développement agricole au Sahel. Tome II : Recherches et Techniques*, CIRAD : pp.287-313.

- Robert M., 1992 : Le sol, une ressource à préserver pour la production et l'environnement. Cahiers d'Agricultures vol. 1, n°1 : pp.20-34.
- Roose E., 1977 : Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesure en petites parcelles expérimentales. Travaux et documents de l'ORSTOM, n°78, 108p.
- Roose E., 1979 : Dynamique actuelle de deux sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et sous savane soudano-sahélienne : Saria, Haute Volta. Synthèse des campagnes 1971-1974, ORSTOM Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), 123p.
- Roose E., 1981 : Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts technologiques et sociologiques des matières sous végétations naturelles ou cultivées. Travaux et documents de l'ORSTOM, n°130, 569p.
- Roose, 1987 : *Aménagement intégré et lutte contre le ruissellement et l'érosion en région soudano-sahélienne du nord du Burkina Faso*. Rapport de 2^e mission d'appui auprès du projet de Recherche-Développement du Yatenga, Burkina Faso, CIRAD/DSA, 22p
- Roose, 1989 : *Diversité des stratégies traditionnelles et modernes de conservation des eaux et des sols. Influence du milieu physique et humain en région soudano-sahélienne d'Afrique Occidentale*
- Roose E., 1992 : Diversité des stratégies traditionnelles et modernes de conservation de l'eau et sols. Influence du milieu physique et humain en région soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. In *l'Aridité une contrainte au développement*. Le Floc'h E., Grouzis M., Cornet A., Bille J. C. (éd., 1992) : 481-506.
- Roose E., 1994 : *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. Bulletin Pédologique FAO, n°70, 420p.
- Roose E. et Zachée B., 1999 : Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane Soudanienne humide du Nord Cameroun. Dans : *La jachère en Afrique tropicale*, Vol 1 : rôle, aménagement et alternatives ; Ed 2000 : pp.149-154
- Roose E., Kaboré V. et Guenate C., 1993 : Le zaï : fonctionnement, limites et amélioration d'une technique traditionnelle de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (BF). *Cahiers ORSTOM, sér. Pédol.*, 28 (2) :159 – 173.
- Roose E., Kaboré V., Guenate C., 1995 : Le zaï, une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées dans la région soudano-sahélienne, Burkina Faso. In *l'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* éds (Pontanier R., M'Hiri A., Aronson J., Akrimi N. et Le Floc'h E. IRD, pp 249-265.
- Roose *et al.*, 1992 : La GCES : une nouvelle stratégie de lutte anti-érosive appliquée à l'aménagement des terroirs en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 233 : 49-62.
- RSP, 1994 : Economie des cordons pierreux, du paillage et du zaï dans le nord du plateau central du Burkina Faso, une perspective préliminaire. *Recherche Intégrée en production agricole en gestion des ressources naturelles* édité par Lowenberg-DeBoer J., Jean-Marc Boffa, John Dickey et Edward Robins, Purdue University et Winrock International et INERA, 1995: 72-89.
- Sangaré, S., 2002 : *Evaluation des performances agro-écologiques des techniques de lutte contre la désertification dans les provinces du Passoré et du Yatenga. Cas du zaï, de la demi-lune et du tapis herbacé*. Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso-Institut du Développement Rural (UPB-IDR), 85p.
- SATEC, 1996 : *Projets et ONG dans la province du Namentenga*, 18p.

- Sédogo P. M., 1981 : *Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol 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-Nancy, 198 p.
- Sédogo P. M., 1993 : *Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité*. Thèse de doctorat .univ. Cocody. C.I., 285 p.
- Segda Z., Hien V., Becker M., 1999 : *Mucuna cochinchinensis dans les systèmes d'association et de rotation culturales (Burkina Faso)*. In : Floret C. et Serpantier G., *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Collection Colloques et Séminaires ; Editions ORSTOM : pp.623 – 627.
- Somé B., 2002 : *Analyse comparée des approches et performance des projets et programmes de lutte contre la désertification : cas du programme spécial CES/AGF, de la FNGN, du PAE et du projet Forêt et Sécurité Alimentaire*. Mémoire de maîtrise, Université de Ouagadougou, Département de Géographie, Burkina Faso.
- Somé L. 1982 : *Gestion de l'eau et intensification des cultures vivrières. Sabouna (ORD-Yatenga)*. Mémoire de fin d'études ISP – Université de Ouagadougou. Haute-Volta 128 p.
- Somé N. D. 1996 : *Les systèmes écologiques post-culturaux de la zone soudanienne (Burkina Faso) : structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques*. Thèse de Doctorat Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI). 212 p.
- Thielen, R., 1994 : *Les sols dégradés du Burkina Faso. Etude pédogénétique*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Institut d'Aménagement des Terres et des Eaux, Travaux de diplôme, 40p.
- Thiombiano L., 2000 : *Etude de l'importance des facteurs édaphiques et pédopaysagiques dans le développement de la désertification en zone sahélienne du Burkina Faso*. Thèse d'Etat, volume 1, 209p.
- Totté, M., 1996 : *Utilisation de la télédétection et des SIG pour l'étude d'impact des projets : le cas des projets OXFAM au Yatenga, Burkina Faso*. Rapport d'évaluation, 66p.
- Totté, M., 1998 : *Evaluation du projet OXFAM-Solidarité de soutien aux activités de la cellule Agro-foresterie de la Fédération des Unions des Groupements Naam (FUGN)*. Rapport de mission, COTA, Bruxelles, 81p.
- Toutain, B. et Piot, J., 1980 : *Mise en défens et possibilités de régénération des ressources fourragères sahéliennes : Etudes expérimentales dans le bassin de la mare d'Oursi, (Haute Volta)*. Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, CTFT, 156p.
- Toutain, B., 1979 : *Situation de l'élevage dans le Sahel voltaïque face à l'extension de l'espace agraire*. In *Maîtrise de l'espace agraire et développement en Afrique tropicale. Logique paysanne et rationalité technique*, Mémoire ORSTOM n°89. Actes du colloque de Ouagadougou, Editions ORSTOM, Paris : pp. 159-162.
- Trouillier A., 2003 : *Réhabilitation de la fertilité des sols au Burkina Faso : Approche agronomique et environnementale comparative du système zai*. Mémoire INAPG/IRD, 50 p.
- Valentin C., 1981 : *Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols des régions subdésertiques (Agadez-Niger)*. *Dynamique de formation et conséquence sur l'économie en eau*. Thèse 3è cycle, Université de Paris VII, 259p.
- Van der Poel P. et Kaya B., 1992 : *La régénération des végétations sur les terrains dénudés. Tests sur les berges du marigot à Kariko, Mali sud*. Rapport de recherche, IER-KIT, 29p.

- Vlaar, 1992 : *Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du Sahel*. CIEH, Burkina Faso, Université Agronomique de Wageningen, 99p.
- Wright, P.(1985): Water and soil Conservation by farmers p.54-60 in Ohm H.W and Nagy J.G.(eds) *Appropriate technologies for farmers in semi-arid West Africa*, Purdue University, West Lafayette, IN
- Yaméogo G., 1997 : *Etude diagnostic de la flore, de la végétation et du sol de jachère d'âges différents, dans le terroir de Thiougou (Burkina Faso)*. Mémoire DEA, Eol. Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 84p.
- Zombré N. P., Ilboudo J.B., Mando A., 1998 : Réhabilitation des terres dégradées par l'association de techniques de conservation des eaux et des sols. In : *Rapport Scientifique et Technique Projet Jachère*, 135 p.
- Zombré N. P., Mando A. et Ilboudo J. B., 1999 : Impact des conservations des eaux et des sols sur la restauration des jachères très dégradées au Burkina Faso. In *La jachère en Afrique de l'Ouest. Rôles, Aménagements et Alternatives*. Floret et Pontanier (éd.,2000), vol. 1 : pp. 771-777.
- Zongo G., 1999 : *Evaluation des impacts socio-économiques des cordons pierreux et des digues filtrantes dans la zone d'intervention du PSB/Danida au niveau de la province du Yagha*. Mémoire de fin d'études,UPB/ IDR, Projet de Gestion des Ressources Naturelles dans le Séno et le Yagha (PGRN/SY) : 54p.
- Zoubga T. Serges, 2002. « *Etude de l'impact du travail des charrues Delphino et Treno sur le sol et la végétation des terres dégradées du Soum (Burkina Faso)* ». Diplôme d'inspecteur des eaux et forêts, ENEF, INERA : 91p.
- Zougmore R., 1991 : *Contribution à l'étude du ruissellement et de l'érosion à la parcelle ; influence des principaux paramètres : Précipitation, Rugosité du sol, Etats de surface, humidité du sol en surface*. Mémoire de fin d'études, ISN-IDR, UO, 89p.
- Zougmore R., 1995 : *Etude des techniques de récupération des zipellé à l'aide du zaï et/ou du paillage (Nioniogo)*. Rapport INERA/CES/AGF, 47p.
- Zougmore R., Kambou F. N., Son G., Guillobez S., 1993 : Première approche de l'impact des ouvrages anti-érosifs en pierre sur le ruissellement et les rendements en sorgho; étude des écartements sur un bassin versant dans le plateau central. In *Gestion durable des sols et environnement en Afrique intertropicale*. Actes du 1er colloque International de Ouagadougou. Thiombiano, L., De Blic, P., Bationo, A. (éditions, 2000) : pp-278-283.
- Zougmore R., Zida Z. et Kambou F.N., 1999 : Réhabilitation des sols dégradés : rôles des amendements dans le succès des techniques de demi-lune et de zaï au Sahel. Bulletin Réseau Erosion 19: *L'influence de l'homme sur l'érosion, volume 1 à l'échelle du versant* : pp-536-549.
- Zougmore R., Guillobez S., Kambou F. N. et Son G., 2000 : Runoff and sorghum performance as affected by the spacing of stone lines in the semiarid sahelian zone. *Soil and tillage Research* 56 : 175-183.
- Zougmore R., Kambou F. N., Ouattara K. et Guillobez S., 2000 : Sorghum-cowpea intercropping : an effective technique against runoff and soil erosion in the Sahel (Saria, Burkina Faso). *Arid Soil Research and rehabilitation* 14 : 329-342.
- Zougmore, R.; Kaboré, P.D.; Lowenberg-Deboer, J.(2000): Optimal spacing of soil conservation barriers: example of rock bunds in Burkina Faso, *Agronomy Journal* 92: 361-368.

BIBLIOGRAPHIE DU PROJET

GANABA et al., 2003 : Diagnostic des usages des ressources naturelles et de l'exploitation du milieu dans la localité subsahélienne de Bougou. Rapport MARP, INERA Dori, 68p.

KABORE D. ; TRAORE J. ; TRAORE K. ; SOME B. et COMPAORE C., 2003 : Rapport enquêtes MARP thématiques dans les villages de Koubel-alpha et Debere-talata. INERA Kamboinsé, 38p.

LAGUEMVARE T. A., 2003 : *Reconstitution des sols dégradés et de la diversité biologique : « étude de la succession végétale et de l'action des termites dans un système de zaï forestier (province du Yatenga, Burkina Faso) »*. Mémoire de fin d'études, UPB/ IDR, IRD : 80 p.

SANGARE SHEIK Ahmed Khalil, 2002 : *« Evaluation des performances agro-écologiques des techniques de lutte contre la désertification dans les provinces du Passoré et du Yatenga : Cas du Zaï, de la demi-lune et du tapis herbacé »*. Mémoire IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 84p.

SOME L. ; KABORE D. ; TRAORE J. ; SOME B.; et BALIMA M., 2001 : Rapport enquêtes MARP thématiques sur l'impact des techniques de ces sur la conservation in situ des ressources phytogénétiques dans le village de toeyogdin (Namentenga). INERA Kamboinsé, 34p.

SOME L. ; KABORE D. ; TRAORE J. et SOME B. 2001 : Rapport enquêtes MARP thématiques sur l'impact des techniques de ces sur la conservation in situ des ressources phytogénétiques dans les villages de Bougouré (Yatenga) et You-bougsaka (Lorum). INERA Kamboinsé, 40p.

SOME M. Bernadette, 2003 : *« Analyse comparée des approches et performances des projets et programmes de lutte contre la désertification : cas du Programme Spécial CES/AGF, de la FNGN, du PAE et du Projet Forêt et sécurité alimentaire (SPA) »*. Mémoire de Maîtrise UFR/SH-INERA. 73p.

TROUILLIER A., 2003 : *Réhabilitation de la fertilité des sols au Burkina Faso : Approche étude de la succession végétale et de l'action des termites dans un système de zaï forestier (province du Yatenga, Burkina Faso) »*. Mémoire de fin d'études, UPB/ IDR, IRD : 80 p.

ZOUBGA T. Serges, 2002. *« Etude de l'impact du travail des charrues Delphino et Treno sur le sol et la végétation des terres dégradées du Soum (Burkina Faso) »*. Diplôme d'inspecteur des eaux et forêts, soutenu le 26 novembre, 91p.

ANNEXES

Annexe 1. Composition des équipes de recherche

Volet de recherche	Nom et prénoms	Spécialité	Institut
Recherche bibliographique	SOME Léopold	Agro climatologue	INERA Station de Kamboinsé
	HIEN Victor	Agro pédologue	INERA Station de Kamboinsé
	LEPAGE Michel	Biologiste des sols	IRD
	KAMBIRE Lassogbèhilone Faustin	Agronome	INERA Station de Kamboinsé
Analyse des impacts socio-économiques	KABORE Daniel	Agro économiste	INERA Station de Kamboinsé
	Mme TRAORE/GUE Julienne	Sociologue	INERA Station de Di Tougan
	Mme SOME Bernadette	Géographe	INERA Station de Kamboinsé
	KABORE Camille	Economiste	INERA Station de Kamboinsé
Evaluation agro-écologique	HIEN Victor	Agro pédologue	INERA Station de Kamboinsé
	GANABA Souleymane	Forestier	INERA Dori
	BILGO Ablassé	Agro-écologue	INERA Station de Kamboinsé
	MANDO Abdoulaye	Agronome fertilité	INERA Station de Kamboinsé
	ZOUGMORE Robert	Agronome CES	INERA Station de Saria Koudougou
	SANGARE Cheick	Agronome	INERA Station de Kamboinsé
	KAMBOU Frédéric	Agro pédologue	INERA Direction Ouagadougou
	LEPAGE Michel	Biologiste des sols	IRD
	DOMINIQUE Masse	Agronome	IRD
	TRAORE Karim	Agronome CES	INERA Station de Kamboinsé

Annexe 2. Volet bibliographique : activités

Liste des bibliothèques visitées

Centres visités	Période
CNDA	11 au 22 septembre 2002
FEER	23-24 septembre 2002
PATECORE	27 septembre 2002
IRD	1 au 18 octobre 2002
EIER-ETSHER	21-22 octobre 2002
CNRST-INERA	23 au 25 octobre 2002
CILSS	15 –22 février 2003
SAFGRAD	25 février au 3 mars 2003
IPD/AOS	10 – au 15 mars

Deux sorties ont été effectuées en vue de rechercher les documents produits par les Projets de développement rural et les organismes publics spécialisés existant dans le Yatenga, Djibo, Yako et Dori. Des entretiens ont eu lieu avec certains responsables de services et projets dans les provinces ci-dessus citées. La première mission effectuée du 26 au 30 octobre a concerné les provinces suivantes : Soum (Djibo), Yatenga (Ouahigouya) et Passoré (Yako). La deuxième mission (26 au 28 décembre 2002) a concerné Dori. Les responsables rencontrés et les services visités sont consignés dans le tableau suivant.

Personnes rencontrées et services visités

Personnes rencontrées	Services visités
Djibrilou : responsable du PAE Sahel	DPA / Environnement Djibo
Kaboré Koulbi : chef de programmation de Documentation et Statistique	DPA Ouahigouya
Kabré :Programme Eau et Environnement (PEEN) Djigma Vincent : directeur de la DPEEF Belem Salam : responsable PEEN/Front de terre	DPEEF Ouahigouya
Djimadoum Madibaye : responsable cellule agroforesterie de la FNGN	FNGN Ouahigouya
Bougouroua Ouedraogo :Président de l'AZD (Ouahigouya)	Association des Groupements Zaï pour le développement
Millogo Siaka : responsable de la cellule suivi-évaluation du PS-CES/AGF	PS-CES/AGF Yako
Ganaba Souleymane	INERA Dori

Annexe 3 : activités de formation du projet

Le projet a contribué à des formations diplômantes à l'Université de Ouagadougou et à l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso sur des thématiques axées sur les intérêts des équipes (synthèse bibliographique et agro-écologie). Ainsi, les formations ont touché les secteurs de l'agronomie (ingénieur agronome), la foresterie (inspecteur des eaux et forêts) et la géographie (maîtrise). Les stages des étudiants ont eu une durée d'au moins 10 mois et des travaux supplémentaires ont été confiés aux intéressés pour des compléments d'informations sur les thèmes de stage. Par ailleurs une formation est en cours et des demandes de stagiaires du CNEARC (Montpellier) ont été formulées.

Stages diplômants effectués :

- SANGARE SHEIK Ahmed Khalil, 2002 : « *Evaluation des performances agro-écologiques des techniques de lutte contre la désertification dans les provinces du Passoré et du Yatenga : Cas du Zaï, de la demi-lune et du tapis herbacé* ». Diplôme d'ingénieur du développement rural option agronomie, Mention Bien soutenu le 16 juillet, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.
- SOME M. Bernadette, 2003 : « *Analyse comparée des approches et performances des projets et programmes de lutte contre la désertification : cas du Programme Spécial CES/AGF, de la FNGN, du PAE et du Projet Forêt et sécurité alimentaire (SPA)* ». Mémoire de Maîtrise UFR/SH-INERA. 73p.
- ZOUBGA T. Serges, 2002. « *Etude de l'impact du travail des charrues Delphino et Treno sur le sol et la végétation des terres dégradées du Soum (Burkina Faso)* ». Diplôme d'inspecteur des eaux et forêts, 91p.
- LAGUEMVARE Thomas d'Aquin, 2003 : Stage d'Ingénieur du développement rural de l'IDR de Bobo-Dioulasso sur la « *Reconstitution de la diversité biologique des sols dégradés : étude de la succession végétale dans un système de zaï forestier dans la province du Yatenga (Burkina Faso)* ».

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
I – OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DU PROJET LCD 083	4
1. Les objectifs et la mise en place du projet LCD 083	4
1.1. Objectifs	4
1.2. Les équipes participantes	4
1.3. La zone d’intervention du projet	4
2. Méthodologie	6
2.1. Le volet synthèse bibliographique.....	6
2.2. Le volet socio-économique	7
2.3. Le volet impact agro-écologique des techniques de LCD.....	7
II - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	8
1. Baisse de la fertilité des sols et dégradation des ressources naturelles	8
• <i>Causes anthropiques de la dégradation des sols</i>	9
• <i>Péjoration climatique et intensité des pluies</i>	10
• <i>Températures et vents</i>	11
• <i>Baisse de la fertilité des sols</i>	11
• <i>Erosion, ruissellement et infiltration</i>	12
2. Conservation des eaux et des sols et lutte anti-érosive	12
2.1. Les techniques de lutte contre la désertification au Burkina Faso	13
2.2. Description, mise en place et contraintes des principales techniques	14
2.2.1. Description des techniques utilisées.....	14
▪ <i>Fossés anti-érosifs du GERES</i>	14
▪ <i>Zai</i>	14
▪ <i>Demi-lunes</i>	16
▪ <i>Diguettes anti-érosives</i>	16
▪ <i>Sous-solage</i>	18
▪ <i>Scarifiage</i>	18
▪ <i>Labour</i>	19
▪ <i>Buttage et Billonnage</i>	19
▪ <i>Mise en défens</i>	19
▪ <i>Paillage</i>	20
▪ <i>Reboisement</i>	20
▪ <i>Tapis herbacé</i>	21
▪ <i>Bandes enherbées</i>	21
2.2.2. Atouts et faiblesses des différentes techniques de LCD	22
2.3. Les structures et les projets de recherche et de développement rural	26
2.3.1. Les structures et l’implantation de leurs travaux	26
2.3.2. Les Projets de LCD au Burkina Faso	28
II. Impact socio-économique des techniques LCD	34
1. Introduction	34
2. Motivations et approches des intervenants.....	34
3. Atouts et contraintes des techniques LcD	38
3.1. Impacts socio-économiques des techniques LcD.....	38
3.2. Exigences techniques et socio-économiques des techniques LcD	42
3.2.1. Charge de travail	43

3.2.2. Matière organique pour zaï et demi-lune	43
3.2.4. Insuffisances d'équipement	43
3.3. Evaluation (classification préférentielle) des techniques LcD par les producteurs ..	44
3.2. Contribution des producteurs à l'amélioration des techniques LcD	44
4. Analyse micro-économique des techniques de LcD en milieu paysan	44
4.1. Aménagements anti-érosifs.	44
4.2. Le Zaï	46
5. Poursuite des aménagements au-delà de la fin des projets.....	47
IV. Impact agro-écologique des techniques.....	48
Introduction	48
1. Les objectifs	48
1.2. Les sites et les techniques étudiées	49
1.3. Caractéristiques pédoclimatiques de la zone d'étude.....	49
2. Résultats obtenus.....	50
2.1. Le zaï agricole	50
2.1.1. Impact écologique	50
2.1.2. Impact sur les propriétés chimiques du sol	52
2.1.3. Impact du zaï sur les rendements du sorgho	56
2.2. La demi-lune	57
2.2.1. Impact écologique	57
2.2.3. Impact sur les rendements du sorgho	59
2.3. Le Zaï forestier	60
2.3.1. Impact écologique	60
2.3.2. Impact agronomique.....	63
2.4. Le tapis herbacé.....	64
2.4.1. Impact écologique	64
2.4.2. Impact sur les propriétés chimiques du sol	65
2.4.3. Impact sur les rendements du sorgho	66
2.5. Le décompactage à l'aide des charrues Treno et Delphino.....	66
2.5.1. Impact écologique	66
CONCLUSION GENERALE	70
BIBLIOGRAPHIE CITEE.....	77
BIBLIOGRAPHIE DU PROJET	86
ANNEXES.....	86