

Agence de l'Eau du Nakanbé

BP: 95 Ziniaré 01 Burkina Faso

Tel: 50 30 98 71/ Fax: 50 30 98 16

ETUDE DE L'IMPACT DES ACTIVITES AGRO-SYLVO-PASTORALES SUR LE SOUS-BASSIN VERSANT DE NOUAHO NORD AU BURKINA FASO : PROPOSITION DE MODELE DE GESTION DURABLE DES RESSOURCES HYDRIQUES, PEDOLOGIQUES ET VEGETALES AU PROFIT DES COMMUNAUTES LOCALES DANS LE CONTEXTE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER SPECIALISE EN GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU**

Présenté et soutenu publiquement le 22/09/2011 par

Fiédi HAKIEKOU

Travaux dirigés par : **Harouna KARAMBIRI**
Titre : **Docteur – Enseignant chercheur**
UTER : **GVEA**

Jury d'évaluation du stage :

Promotion 2010/2011

Président : Hamma YACOUBA

Membres :

Dr Bruno BARBIER

Dr Harouna KARAMBIRI

Citations

« La crise de gouvernance et les changements environnementaux privent d'eau potable un habitant sur cinq dans le monde ». (Deuxième Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau)

« Il y a de l'eau en Afrique, mais nous ne la maîtrisons pas. Le continent utilise à peine 1,6 % de ses réserves disponibles en eau pour l'irrigation, contre 14% en Asie. Le résultat est que l'Afrique n'a que 7% de ses terres arables irriguées, contre 40% en Asie. Et on tombe à 3%, si on enlève le Maroc, le Soudan, l'Egypte, l'Afrique du Sud et Madagascar sur les 53 pays ». Jacques Diouf

Remerciements

Le présent mémoire est le fruit de la collaboration avec plusieurs acteurs auxquels nous voudrions adresser nos sincères remerciements et reconnaissances. Il s'agit de :

- Monsieur Dibi MILLOGO, Directeur Général de l'Agence de l'Eau du Nakanbé ;
- Dr Harouna KARAMBIRI, enseignant chercheur à UTER GVA du 2iE ;
- Mr Bèga OUEDRAOGO, enseignant au 2iE ;
- Mr Marcelin KOUAKOU, enseignant au 2iE ;
- Mr Séraphin ZONGO, à l'Agence de l'Eau du Nakanbé ;
- Mme BAKOUAN née ZOUON Fatoumata, secrétaire de direction à l'Agence de l'Eau du Nakanbé ;
- Mr Taibou PARE du BUNASOL, pour son appui aux travaux de pédologie ;
- Mr Philippe TAMINI, pour son appui aux travaux de cartographie ;
- Mr Lambert SAWADOGO, pour son appui inestimable au moment de la collecte des données de terrain ;
- Mr Souleymane SORGHO, Président du CLE de Lagdwenda pour son appui aux travaux d'enquêtes socio-économiques.

Nos remerciements vont également à tout le personnel de l'Agence de l'eau du Nakanbé, à tous les enseignants du 2iE et à tout le personnel de la Direction du Suivi Ecologique et des Statistiques au Ministère de l'Environnement et du Développement Durable.

Nos pensées vont également à tous les collègues étudiants du Master GIRE, promotion 2010-2011.

Résumé

Le sous-bassin de Nouaho nord situé dans la région du Centre-Est du Burkina Faso a une superficie de 968 Km². Partie intégrante du bassin du Nakanbé, il fait l'objet d'une dégradation accélérée suite aux actions anthropiques. L'état des pratiques agro-sylvo-pastorales constitue la principale préoccupation sur ce sous-bassin.

Les résultats de l'identification et de l'évaluation quantitative et qualitative des impacts montrent que le sous-bassin de Nouaho nord subi une forte pression agro-pastorale en amont. La conséquence majeure de cette pression est la prédominance de l'érosion hydrique. Elle se manifeste surtout sous forme d'érosion en nappe, en rigole et en ravine. L'érosion biologique qui se manifeste par le lessivage des formations superficielles à dominance sableuse constitue également une problématique majeure. La partie aval du sous-bassin, soumise à une forte pression sylvo-pastorale et à l'occupation des berges par les producteurs agricoles connaît un ensablement accéléré des cours d'eau et du barrage de Lagdwenda. L'estimation de la dégradation spécifique sur ce barrage donne une valeur de 190 m³/Km²/an. La présence des zones agro-sylvo-pastorales de Sablogo et de la Nouaho contribuent de façon significative à atténuer l'impact des activités sur les ressources hydriques, pédologiques et végétales.

A la lumière des résultats de l'évaluation des impacts, des propositions d'aménagement adaptées à chaque problématique GIRE identifiée ont été conçues. Basées sur les principes de base de l'aménagement d'un bassin versant, elles prennent à la fois en compte les contextes biophysique et humain du sous-bassin versant de Nouaho nord.

Mots clés : Bassin, Gestion, Intégré, Eau, Sol, Végétation.

Summary

The sub-basin of north Nouaho is located in the Central East of Burkina Faso has an area of 968 km². Part of the Nakanbe basin it is subject to accelerated degradation in response to human actions. The state of practice agro-forestry-grazing is the main concern in this sub-basin.

The results of the quantitative and qualitative identification assessment of impacts show that the sub-basin of Nouaho sharply agro-pastoral pressure upstream. The major consequence of this pressure is the predominance of water erosion. It occurs mainly in the form of sheet erosion, rill erosion and gully erosion. biological erosion manifested by the leaching of surface sand-dominated is also a major issue. The downstream sub-basin, subject to a forest grazing pressure and occupation of the banks by farmers experiencing a rapid silting of rivers and dam Lagdwenda. The estimation of the specific degradation of the dam gives a value of 190 m³/Km²/year. The presence of the agro-forestry-grazing areas Nouaho and Sablogo contribute significantly to mitigate the impact of activities on water resources, soil and plants.

In light of the results of the assessment of impacts of development proposals tailored to each problem identified IWRM were designed. Based on the basic principles of the development of a watershed, they take into account both the biophysical and human environments of the sub-watershed Nouaho north.

Keywords: Basin, Management, Integrated, water, soil, vegetation.

Liste des abréviations

2iE	: Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement
AEN	: Agence de l'eau du Nakanbé
ASP	: Agro-sylvo-pastorale
BDOT	: Base des données d'occupation des terres
BUNASOL	: Bureau national des sols
CIEH-EIER	: Comité interafricain d'études hydrauliques- Ecole inter-états d'ingénieurs de l'équipement rural
CLE	: Comité local de l'eau
DGCN	: Direction Générale de la conservation de la nature
DPAHRH	: Direction provinciale de l'agriculture de l'hydraulique et des ressources halieutiques
DRAH-CE	: Direction régionale de l'agriculture et de l'hydraulique du Centre-Est
GIRE	: Gestion intégrée des ressources en eau
IGB	: Institut géographique du Burkina
INSD	: Institut national de la statistique et de la démographie
MAHRH	: Ministère de l'agriculture de l'hydraulique et des ressources halieutiques
MECV	: Ministère de l'environnement et du cadre de vie
MED	: Ministère de l'économie et du développement
MNT	: Modèle numérique de terrain
ORSTOM	: Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération
PAC	: Politique agricole commune
PAGIRE	: Programme d'action pour la gestion intégrée des ressources en eau
PDR/BLG	: Projet de développement rural dans le Boulgou
RAF	: Réorganisation agraire et foncière
RN	: Route nationale
SAGE	: Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau
SDAGE	: Schéma directeur d'aménagement et de gestion de l'eau
UBT	: Unité bétail tropical
UE	: Union Européenne
UTM	: Universel transversal Mercator

Sommaire

Résumé	iv
Introduction.....	1
Chapitre I : Matériel et méthodes	4
1.1 Méthodes	4
1.1.1. Présentation de la zone d'étude.....	4
1.1.2. Méthodologie de collecte des données	5
1.2. Matériel	9
1.2.1. Matériel cartographique utilisé.....	9
1.2.2. Matériel de collecte de données de terrain.....	9
1.2.3. Matériel de traitement des données	9
1.2.4. Formules mathématiques utilisées.....	10
Chapitre II : Résultats et discussions	11
2.1. Résultats	11
2.1.1. Caractéristiques biophysiques du sous-bassin de Nouaho nord.....	11
2.1.2. Constitution des unités d'aménagement	14
2.1.3. Caractérisation de l'impact des activités agro-sylvo-pastorales sur le sous-bassin de Nouaho nord	16
2.1.3. Prévision de l'impact des activités agro-sylvo-pastorales	22
2.2. Discussion	26
2.2.1. Discussion des résultats du milieu biophysique.....	26
2.2.2. Discussion des résultats du milieu socio-économique et institutionnel.....	27
Conclusion et perspectives.....	28
Recommandations	29
Bibliographie	32
Annexes	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Sites des observations terrain.....	6
Tableau 2 : Nombre de personnes enquêtées par village ciblé	8
Tableau 3 : Caractéristiques morpho métriques du sous-bassin de Nouaho nord.....	11
Tableau 4 : Caractéristiques du réseau hydrographique	12
Tableau 6 : Identification des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique ciblé	16
Tableau 7 : Estimation de la dégradation spécifique du bassin du barrage de Lagdwenda	18
Tableau 8 : Identification des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu humain du sous-bassin de Nouaho nord	19
Tableau 9 : Matrice de synthèse de l'évaluation des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique du sou-bassin versant de Nouaho nord	20
Tableau 10 : Matrice de synthèse de l'évaluation des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu humain du sou-bassin versant de Nouaho nord	21
Tableau 11 : Evolution de l'occupation des terres du sous-bassin entre 1992 et 2002	23

Liste des figures

Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude.....	4
Figure 2 : Carte des points de sondage	7
Figure 3 : Carte du réseau hydrographique du sous-bassin de Nouaho nord	13
Figure 4 : Illustration de l'approche cartographique de constitution des unités.....	14
Figure 5 : Carte des sous-bassins, unités d'aménagement	15
Figure 6 : Carte de l'évolution de l'occupation des terres entre 1992 et 2002.....	22
Figure 7 : Evolution de la population et des superficies cultivées du bassin de Nouaho nord entre 1992 et 2008.....	24
Figure 8 : Relation entre l'évolution de la population et des superficies cultivées du bassin de Nouaho nord entre 2008 et 2050	25
Figure 9 : Modèle de protection des berges de cours d'eau anthropisé	30
Figure 10 : Modèle de protection du barrage de Lagdwenda.....	30

Liste des photos

Photo 1 : Défrichement anarchique, érosion en nappe et ensablement de cours d'eau dans le sous-bassin versant de Nouaho nord.....	17
Photo 2 : Processus d'ensablement en amont du barrage de Lagdwenda	18

Introduction

Contexte et problématique

L'image qui prévaut pour les régions sahéliennes en général, et le Burkina Faso en particulier, est celle d'une très grande précarité des conditions de production. Les contraintes liées aux fortes incertitudes climatiques et au potentiel de production limité par les caractéristiques pédoclimatiques défavorables sont exacerbées par des modes d'exploitation inadaptés. Les conséquences de la modification des états de surface sont entre autres, la diminution de la fertilité des terres, la perte rapide et totale des surfaces cultivables, l'accroissement du ruissellement, l'ensablement des cours d'eau, l'aridification et enfin la baisse du niveau des nappes (MECV, 2007). Les changements climatiques combinés aux changements d'usages des sols accentuent les risques érosifs en Afrique, particulièrement au Sahel (Bouzou Moussa, 2002).

Pour faire face à cette situation, le Burkina Faso s'est fixé pour objectif principal de promouvoir un développement basé sur la gestion durable des ressources naturelles. Ainsi de grandes orientations soutenues par un certain nombre de stratégies ont été définies depuis le sommet de Rio en 1992.

C'est dans cette optique que le Programme d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) du Burkina Faso adopté en 2003. L'Agence de l'Eau du Nakanbé a été créée en 2007, en application des directives du PAGIRE. L'objectif majeur de l'agence est de valoriser le bassin hydrographique du Nakanbé en tant que cadre approprié de connaissance, d'assurer la planification et la gestion de la ressource en eau, par la coordination des actions y relatives et par la concertation. L'une des missions première de l'agence est d'engager les acteurs de l'eau à la gestion concertée, intégrée, équilibrée et durable des ressources en eau du bassin hydrographique. Une seconde mission est de collecter, de développer et de diffuser les connaissances sur les ressources en eau en vue de contribuer à l'amélioration de leur gestion. Dans le cadre de l'exécution de cette seconde mission, l'agence œuvre dans un esprit de partenariat avec les structures de recherche dont l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE).

Notre étude qui s'intitule « *Etude de l'impact des activités agro-sylvo-pastorales sur le sous-bassin versant de Nouaho nord au Burkina Faso: Proposition de modèle de gestion durable des ressources hydriques, pédologiques et végétales au profit des communautés locales dans le contexte des changements climatiques* » s'inscrit dans ce cadre. En effet, le bassin du Nakanbé dans le cadre du processus de gestion intégrée des ressources en eau vise à doter à terme chaque sous-bassin

versant d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE) à travers 44 sous-bassins versants dont celui de Nouaho nord, objet de notre étude.

Sur le plan des enjeux agro-sylvo-pastoraux, le sous bassin de Nouaho nord constitue le principal couloir d'accès à la zone pastorale de la Nouaho et aux pays limitrophes que sont le Togo et le Ghana, il subit de ce fait une forte pression pastorale. De même, la présence dans ce sous-bassin de la zone agro-sylvo-pastorale de Sablogo, principal massif forestier pourvoyeur de bois de chauffe pour la ville de Tenkodogo constitue une pression supplémentaire sur les ressources forestières, sur les ressources en eau et sur les sols. Reposant sur un glacis fonctionnel, le sol du sous-bassin versant fait l'objet d'une forte pression agricole. Cette pression constitue la principale cause de dégradation des terres avec une incidence significative sur les ressources en eau. Les principales formes de dégradation des terres auxquelles le sous-bassin est soumis sont : l'érosion en nappe, l'érosion en rigole, l'érosion en ravine et l'érosion biologique. Les trois types d'érosions hydriques citées sont la principale cause de l'ensablement des cours d'eau et des plans d'eau du bassin versant.

Face à ces pressions multiformes exercées par des acteurs aux intérêts souvent contradictoires, la nécessité d'une gestion intégrée des ressources à l'échelle du bassin versant s'impose. En effet, afin d'assurer la capacité bio-productive du sol, il paraît essentiel de considérer sa conservation dans une approche éco systémique, en prenant en compte les processus hydrologiques et pédologiques dans un contexte socio-économique.

Dans le souci d'une gestion durable des ressources dans la zone, plusieurs initiatives appuyées par des projets ont vu le jour. Il s'agit du projet d'aménagement de la vallée de la Nouaho qui a contribué à l'aménagement de la zone pastorale de la Nouaho au sud du sous-bassin de Nouaho nord. L'aménagement de la vallée de la Nouaho répond au souci de sécurisation foncière, mais aussi à la nécessité d'un équilibre entre les besoins de la population et la préservation du milieu naturel. Le Projet de Développement Rural dans le Boulgou a, quant à lui initié l'élaboration de l'avant projet de plan d'aménagement de la zone agro-sylvo-pastorale de sablogo (d'une superficie de 51 559 ha) dans la moitié Est du sous-bassin. Ce projet a également appuyé la réalisation du barrage de Lagdwenda qui dispose d'un périmètre irrigué de 15 hectares. La mise en place du Comité Local de l'Eau (CLE) du bassin versant du barrage de Lagdwenda en 2005 constitue une initiative pionnière en matière de gestion intégrée des ressources en eau au Burkina Faso.

Objectifs de l'étude et hypothèses de recherche

Objectif global

L'objectif global de l'étude est d'accroître les capacités d'adaptation des communautés locales aux changements climatiques à travers la contribution à la gestion durable des ressources en eau, des ressources végétales et des sols à l'échelle du sous-bassin versant de Nouaho nord au Burkina Faso.

Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de l'étude sont :

- Evaluer les impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur les ressources en eau, sur les ressources végétales et sur les sols du sous-bassin versant de Nouaho nord;
- Identifier avec les communautés locales des mesures d'atténuation des impacts négatifs des activités agro-sylvo-pastorales sur les ressources en eau, sur les ressources végétales et sur les sols du sous-bassin versant de Nouaho nord;
- Elaborer un modèle de gestion durable des ressources en eau, des ressources végétales et des sols à l'échelle du sous-bassin versant de Nouaho nord dans le contexte des changements climatiques.

Hypothèses de recherche

Les hypothèses de recherche formulées dans le cadre de l'étude sont :

- Le sous-bassin versant de Nouaho nord subi les impacts des activités agro-sylvo-pastorales qui s'y mènent ;
- Les communautés connaissent et appliquent les mesures d'atténuation des impacts négatifs des activités agro-sylvo-pastorales adaptées au contexte local ;
- Le manque d'un modèle de gestion durable des ressources en eau, des ressources végétales et des sols à l'échelle du sous-bassin versant de Nouaho nord dans le contexte des changements climatiques accentue la dégradation des ressources naturelles.

Le plan du présent document est structuré en deux (02) chapitres :

Le premier chapitre traite de la méthodologie. Il présente les méthodes adoptées et le matériel utilisé dans le cadre de l'étude.

Le deuxième chapitre présente les résultats et les discussions de l'étude.

Une conclusion et des perspectives suivies de recommandations formulées en vue de l'atteinte des objectifs sont présentées à la suite du deuxième chapitre.

Chapitre I : Matériel et méthodes

1.1 Méthodes

La méthodologie suivie au cours de cette étude repose sur des données d'occupation des terres, sur les données topographiques, géologiques, pédologiques, sur les mesures et observations effectuées sur le terrain et enfin sur les enquêtes socio-économiques réalisées auprès des populations.

Cette approche méthodologique requiert tout d'abord la connaissance de la zone d'étude.

1.1.1. Présentation de la zone d'étude

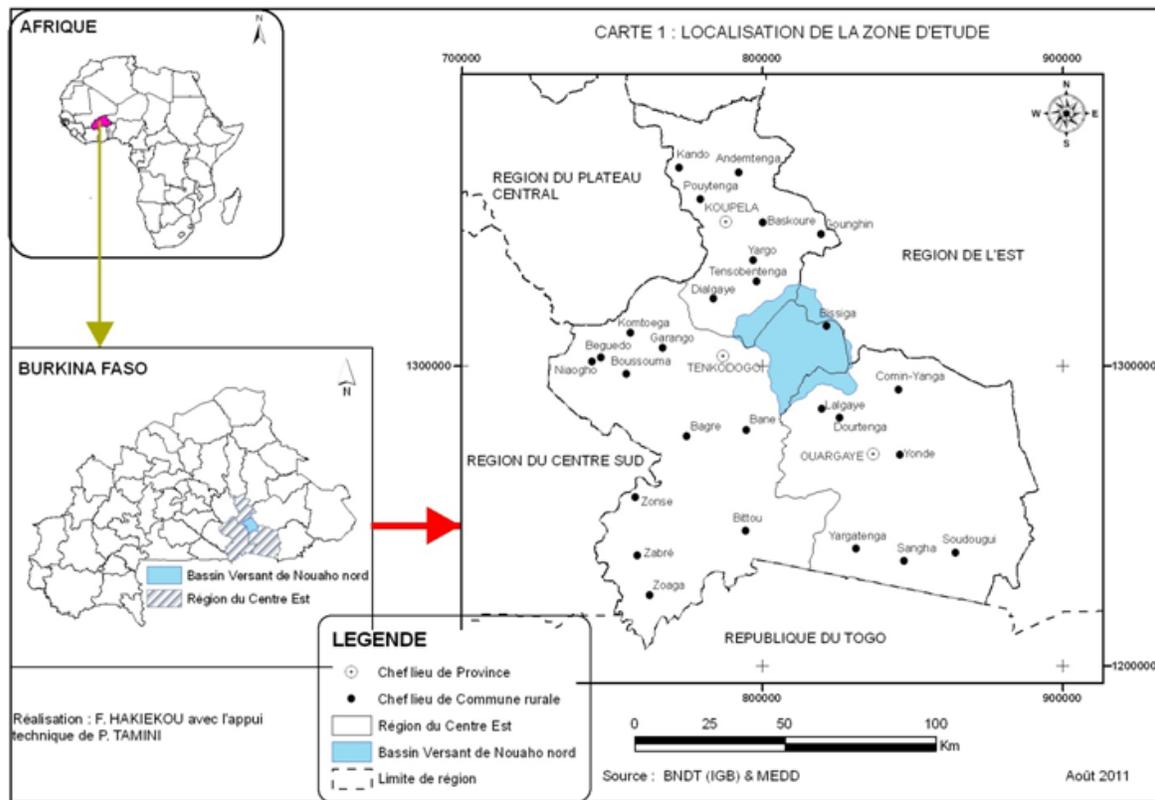


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

Le sous-bassin versant de Nouaho nord est localisé dans la partie nord du bassin de la Nouaho. Situé principalement dans la région du Centre-Est du Burkina Faso, il s'étend entre les longitudes 0°04 Est et 3°33 Ouest et les latitudes 11°58 et 11°99 nord. Il couvre une superficie de 968 km². Du point de vue climatique, il appartient à la zone nord soudanienne, avec un module Pluviométrique de 835 mm et une saison des pluies allant de juin à octobre (DPAHRH/ BLG, 2008) cité par (Ilboudo, 2009).

En ce qui concerne la géologie et la géomorphologie, le sous-bassin repose sur un glacis fonctionnel avec des affleurements granitiques disséminés sur toute son étendue.

Sur le plan pédologique, le sous bassin est caractérisé par la présence de 2 grands groupes de sols : les vertisols au sud et le groupe à pseudogley au nord. Il est parcouru par quelques bas-fonds dont le nombre s'accroît vers la partie aval, ces bas-fonds sont occupés par des sols hydromorphes.

Le réseau hydrographique est composé de cours d'eau secondaires et tertiaires temporaires dont les crues se situent entre août et septembre. Ces cours d'eau constituent les affluents de la Nouaho dont le plus important est le Sablogo (Ilboudo, 2009).

Les formations forestières constituées de galeries forestières, de savanes arborées et surtout de savane arbustives sont composées essentiellement des espèces comme *Acacia seyal*, *Acacia Gourmaensis*, *Acacia dudgeoni*, *Anogeissus leiocarpus*, *Diospyros mespiliformis*, *Combretum sp*, *Balanites aegyptiaca*, et *Ziziphus mucronata*. Les principales espèces des zones inondables identifiées sont *Mitragyna inermis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Sarcocephalus esculentus* et *Acacia polyacantha* (Ilboudo, 2009).

La flore herbacée recensée dans la zone du bassin de Nouaho nord est constituée de 42 espèces réparties dans 11 familles avec une prédominance des Poaceae (Yaro, 2000). Sa production de biomasse herbacée utile est estimée à 1 227 kg de matière sèche/ha. Le pâturage de la zone a une capacité de charge moyenne de 0,82 UBT/ha. Les espèces dominantes rencontrées sont: *Schizachyrium sanguineum* (21,04%), *Loudetia togoensis* (19.77%), *Pennisetum pedicellatum* (12.67 %) et *Schoenefeldia gracilis* (12,67 %) (Yaro, 2000).

1.1.2. Méthodologie de collecte des données

1.1.2.1. Recherche bibliographique

Elle a consisté à la recherche et à l'exploitation des documents relatifs à l'étude. Ces documents se composent essentiellement d'études scientifiques, de rapports, de monographies et surtout de supports cartographiques.

1.1.2.2. Elaboration d'une carte des points à sonder

L'objectif de cette étape est de disposer d'une carte sur laquelle figure les points à sonder et qui servira de support dans le cadre de la collecte des données de terrain.

1.1.2.3.Choix des sites objets des observations de terrain

Le choix des sites à observer sur le terrain a été réalisé de façon raisonné. Ces sites repartis sur l'ensemble du bassin versant ont été choisis à partir de la carte des points à sonder. L'objectif de ce sondage étant la recherche et l'identification sur le terrain des indicateurs de dégradation afin d'évaluer le niveau des impacts. Le tableau 1 illustre le choix raisonné opéré.

Tableau 1 : Sites des observations terrain

Type géomorphologique	Nombre de sites observés
Plateaux, glacis	35
Bas-fonds, cours d'eau et retenues d'eau	25
Total	60

1.1.2.4.Relevés de terrain

Cette étape consiste à l'identification des indicateurs de dégradation à partir de la carte des points à sonder. Ces relevés de terrain appuyés par les cartes d'occupation des terres, les cartes pédologiques, les cartes topographiques, le MNT permettra de subdiviser le bassin versant en sous-bassins versants en fonction du niveau de dégradation.

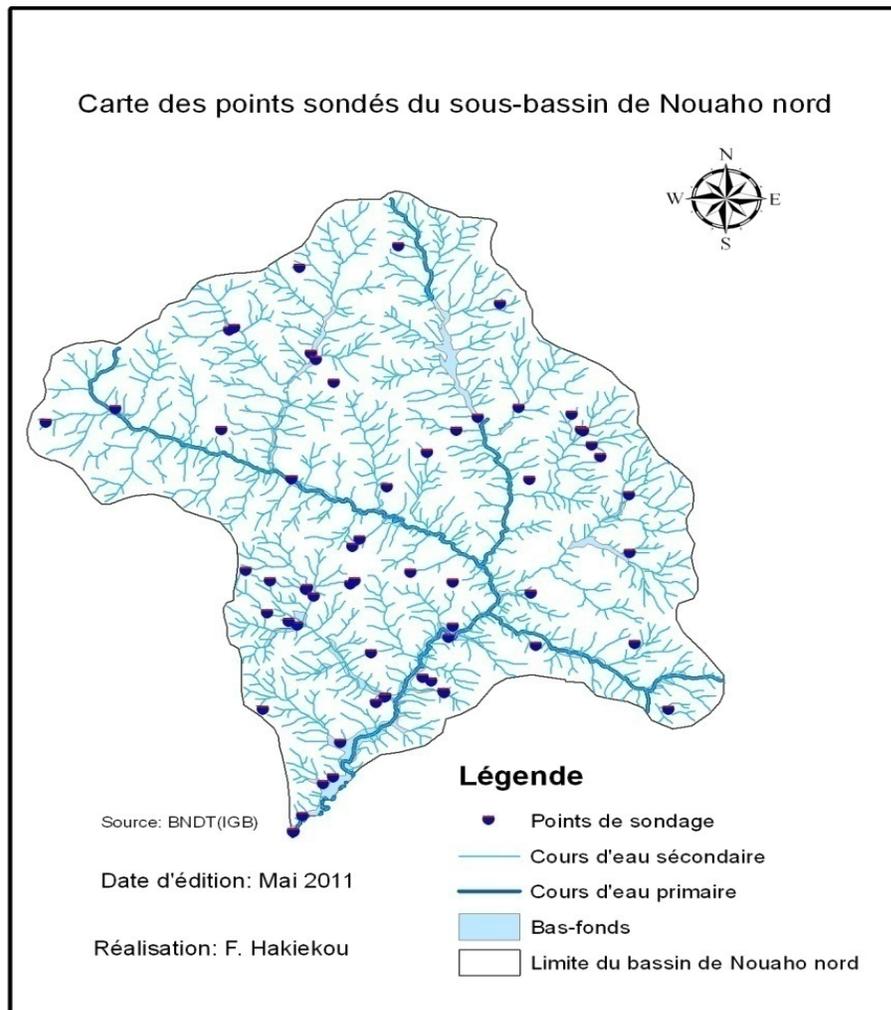


Figure 2 : Carte des points de sondage

1.1.2.5. Enquêtes auprès des populations

Cette étape est fondamentale car consacre la participation des communautés locales à l'étude, à travers la prise en compte des pratiques endogènes en vue de la mise au point d'un modèle adapté au contexte locale. Les méthodes d'enquête utilisées sont l'interview semi-structurée et le focus groupe.

L'enquête socio-économique se focalise sur le recensement auprès des populations des méthodes de conservation des eaux et des sols issues du savoir locale ou vulgarisées par les services techniques, les projets et ONG afin d'identifier avec ces populations celles qui pourraient mieux s'adapter au contexte des changements climatiques.

Le groupe cible comprend les organisations de producteurs agricoles, d'éleveurs, les groupements de gestion forestière, le Comité Local de l'eau (CLE) du bassin du barrage de Lagdwenda et les personnes ressources.

Le tableau 2 résume les informations relatives aux enquêtes socio-économiques dont la méthode de sondage a été le « choix raisonné » influencé par les critères définis sur le milieu biophysique (géomorphologie, lithologie, utilisation des terres, etc.) et sur le milieu humain.

Tableau 2 : Nombre de personnes enquêtées par village ciblé

Province	Commune	Villages ciblés	Nombre de personnes enquêtées
Boulgou	Tenkodogo	Poestenga	5
		Lagdwenda	15
		Loukou	5
	Bissiga	Benna	5
		Koulbako	5
		Syalguin	5
Koumpélgou	Lalgaye	Tensobtenga	5
		Sablogo	5
Kouritenga	Dialgaye	Boulga	5
	Tensobtenga	Yabré	5
Total			60

Au total 60 personnes ont été enquêtées sur le sous-bassin versant de Nouaho nord.

1.1.2.6. Traitement et analyse des données

Les données collectées auprès des structures techniques intervenant dans la zone, les données terrain sur le milieu biophysique et les données issues des enquêtes socio-économiques ont été traitées et analysées à l'aide des matrices de Léopold et de Fecteau (PNUE, 2002) et des logiciels Arcview et Arc GIS (pour les données cartographiques) et à l'aide de Excel 2007 pour les données numériques.

1.2. Matériel

Le matériel utilisé se compose de matériel cartographique, de matériel de collecte de données et de matériel de traitement de données.

1.2.1. Matériel cartographique utilisé

Le matériel cartographique comprend :

- Une carte d'occupation des terres (BDOT 1992 et 2002) au 1/500 000;
- Une carte de densité de populations au 1/200 000;
- Une carte géomorphologique du BUNASOL (1992) au 1/200 000;
- Une carte pédologique du BUNASOL (1992) au 1/200 000;
- Une carte topographique de l'IGB au 1/200 000.

1.2.2. Matériel de collecte de données de terrain

Le matériel de collecte de données comprend :

- Des fiches d'enquête qui sont des guides d'entretien (voir en annexe);
- Des fiches de relevés terrain (voir en annexe) ;
- Un GPS de marque Garmin;
- Un décamètre ;
- Un appareil photo numérique.

1.2.3. Matériel de traitement des données

Le matériel de traitement de données comprend :

- Un Ordinateur munit du système Windows XP ;
- Des logiciels: Word 2007, Excel 2007; Arcview3.2; Arc GIS 9.3.

1.2.4. Formules mathématiques utilisées

Les principales formules mathématiques utilisées pour la caractérisation du bassin versant sont :

- Longueur du rectangle équivalent du sous-bassin de Nouaho nord : L

$$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$$

Avec :

P= périmètre du bassin en km

S= surface du bassin km²

- Indice de pente global du sous-bassin de Nouaho nord : Ig

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

Avec

L= Longueur du rectangle équivalent

H5% = altitude du bassin à 5% de la surface cumulée

H95% = altitude du bassin à 95% de la surface cumulée

- Formule de GOTTSCHALK : Estimation du taux de comblement de barrage

$$D = 260 \times S^{-0,1}$$

Avec :

S= surface du bassin versant en km²

D= dégradation spécifique annuelle en m³/km/an.

- Formule du CIEH-EIER (GRESILLON) : Estimation du taux de comblement de barrage

$$D = 700 \left(\frac{Pm}{500} \right)^{-2,2} \times S^{-0,1}$$

Avec :

Pm = pluviométrie moyenne annuelle en mm

S= surface du bassin versant en km²

Chapitre II : Résultats et discussions

2.1. Résultats

Les résultats de l'étude se regroupent suivant les caractéristiques biophysiques et socio-économiques appréhendées.

2.1.1. Caractéristiques biophysiques du sous-bassin de Nouaho nord

La détermination des caractéristiques du bassin consiste à calculer, ou à évaluer, les paramètres explicatifs indispensables à l'évaluation des impacts. Certains paramètres physiques peuvent être calculés avec une précision satisfaisante. D'autres, au contraire, ne pourront faire l'objet que d'estimations essentiellement qualitatives faisant appel à la connaissance du milieu à étudier et à l'expérience. La connaissance du terrain déjà mentionnée, a été d'une grande utilité pour apprécier certaines caractéristiques, notamment la géomorphologie, la dégradation hydrographique, la couverture végétale, y compris les cultures.

2.1.1.1. Caractéristiques morpho métriques du sous-bassin versant de Nouaho nord

Les caractéristiques morpho métriques estimées sur le sous-bassin de Nouaho nord sont : le périmètre du sous-bassin versant, la surface, l'indice de forme, la longueur du rectangle équivalent, l'indice global de pente (I_g) et la dénivelée spécifique (D_s). Le tableau 3 présente les différentes valeurs calculées.

Tableau 3 : Caractéristiques morpho métriques du sous-bassin de Nouaho nord

N°	Caractéristique morpho métrique	Valeur estimée	Observations
01	Surface : S	967,69 Km²	Grand bassin : (Classification ORSTOM)
02	Périmètre : P	149,96 Km	
03	Longueur du rectangle équivalent : L	58,42 Km	
04	Indice de forme : K_G	1,35	$K_G > 1$: Bassin légèrement allongé
05	Indice global de pente : I_g	1,07 m/Km	
06	Dénivelée spécifique : D_s	33,28 m	$D_s < 50$ m : Relief faible (Classification ORSTOM)

Source : données de l'étude

Le sous-bassin de Nouaho nord a une superficie estimée à 968 Km², il est de ce fait classé grand bassin selon la classification de l'ORSTOM. La courbe hypsométrique (confère annexe) informe sur les valeurs des côtes qui sont de 218 m à l'exutoire et de 352 m à la crête. Son indice

global de pente est d'environ 1m/Km et sa dénivelée spécifique est de 33,28 m. Ces deux dernières caractéristiques permettent de classer le bassin dans la catégorie des bassins dit à relief faible selon la classification ORSTOM (FAO, Manuel FAO N° 54).

2.1.1.2. Caractéristiques du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique du sous bassin de Nouaho nord est caractérisé par la typologie du réseau hydrographique, la densité de drainage (Dd) et la hiérarchisation du réseau hydrographique. Le tableau 4 illustre les caractéristiques évaluées sur le réseau hydrographique.

Tableau 4 : Caractéristiques du réseau hydrographique

N°	Caractéristiques du réseau	Appréciation	Observations
01	Typologie du réseau	Réseau de type « arête de poisson »	
03	Hiérarchisation du réseau	Hiérarchisation : n ₁ , n ₂ et n ₃	Classification de Strahler (1957)

Source : données de l'étude

Le réseau hydrographique du sous-bassin de Nouaho nord est de type arrête de poisson caractérisé par un talweg principal. Ce talweg occupant la position centrale est drainé par la partie nord du cours d'eau Nouaho et par le Sablogo. Les affluents d'importance secondaire se situent sur les deux rives.

La hiérarchisation du réseau hydrographique selon la classification de Strahler (1957) in (FAO, Manuel FAO N° 54) correspond à 3 niveaux : le niveau 1, équivalent au cours d'eau principal qui est la partie nord de la Nouaho, le niveau 2, équivalent aux cours d'eau secondaires dont le Sablogo (traversé par la RN17) et enfin le niveau 3 correspondant au cours d'eau tertiaires, occupant des talwegs plus réduits aux côtes plus élevées. De façon pratique, pour les aménagements correctifs à proposer, le réseau de drainage sera classé en deux niveaux.

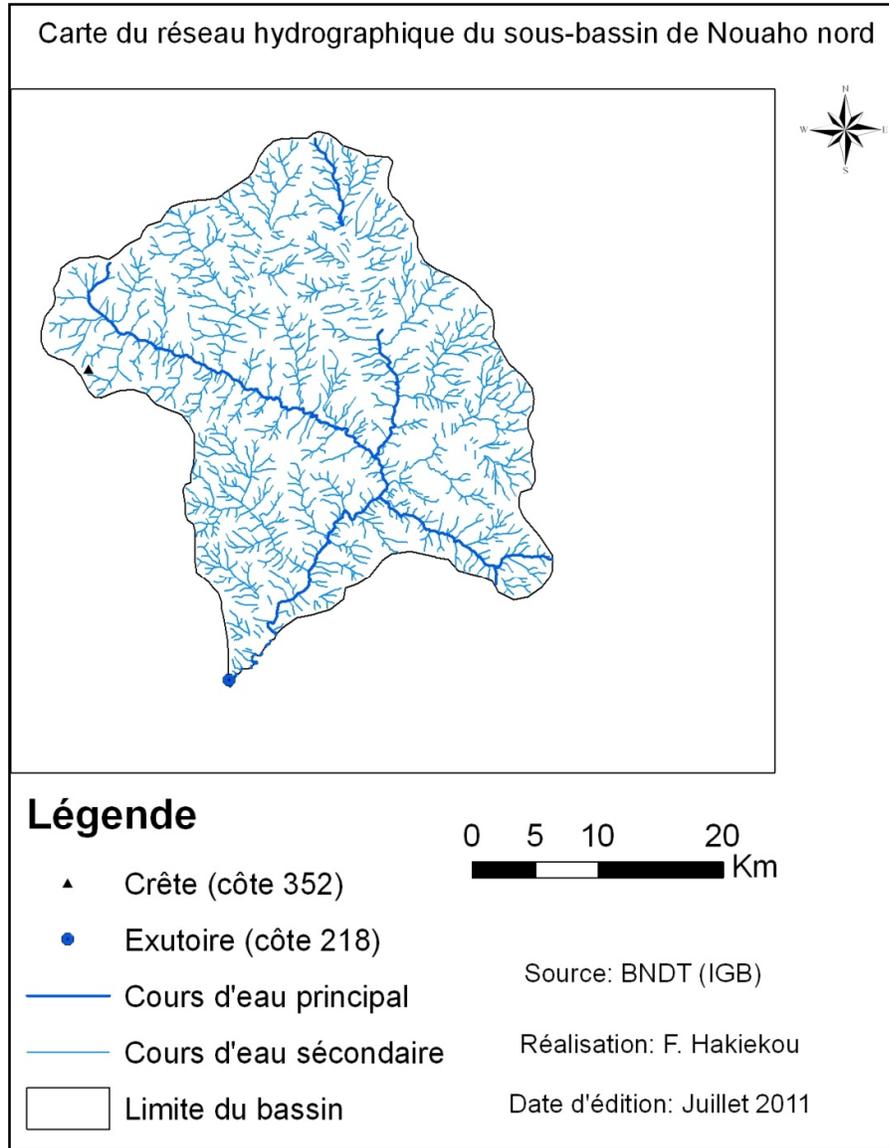


Figure 3 : Carte du réseau hydrographique du sous-bassin de Nouaho nord

2.1.2. Constitution des unités d'aménagement

L'analyse multicritère adoptée dans la caractérisation du bassin et dans l'évaluation des impacts a conduit à la subdivision du sous-bassin en unités d'aménagement. En effet, la superposition de la carte d'occupation des terres (BDOT 2002), de la carte pédologique (données BUNASOL 1992), de la carte hydrographique et de la carte topographique (données BNDT-IGB) a permis d'obtenir une carte de potentiel d'érosion. La superposition de cette carte de potentiel d'érosion avec la carte de densité de population du sous-bassin appuyé par les observations et les enquêtes ont abouti à la subdivision du bassin en 09 unités d'aménagement comme l'indique la figure 4.

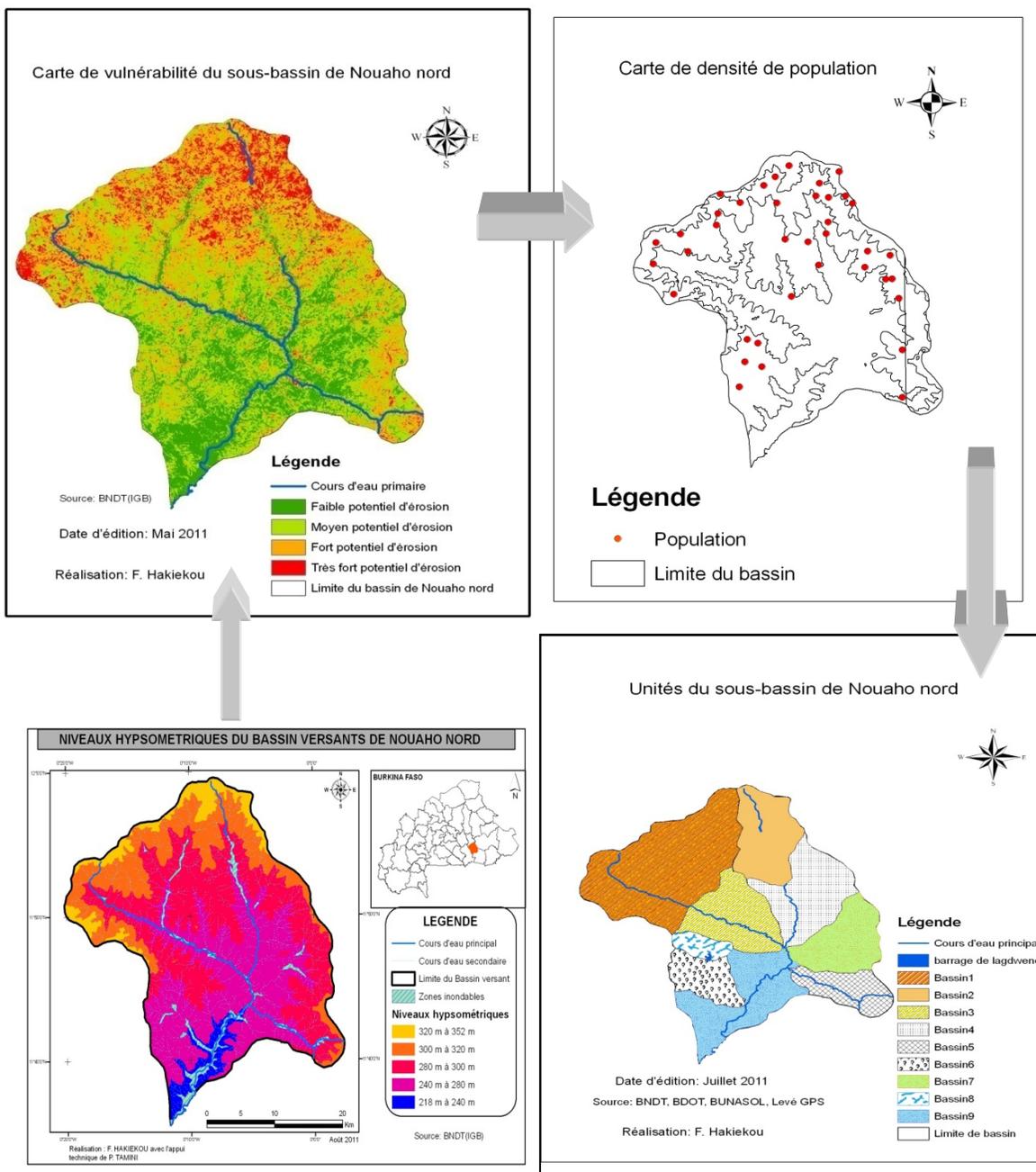


Figure 4: Illustration de l'approche cartographique de constitution des unités

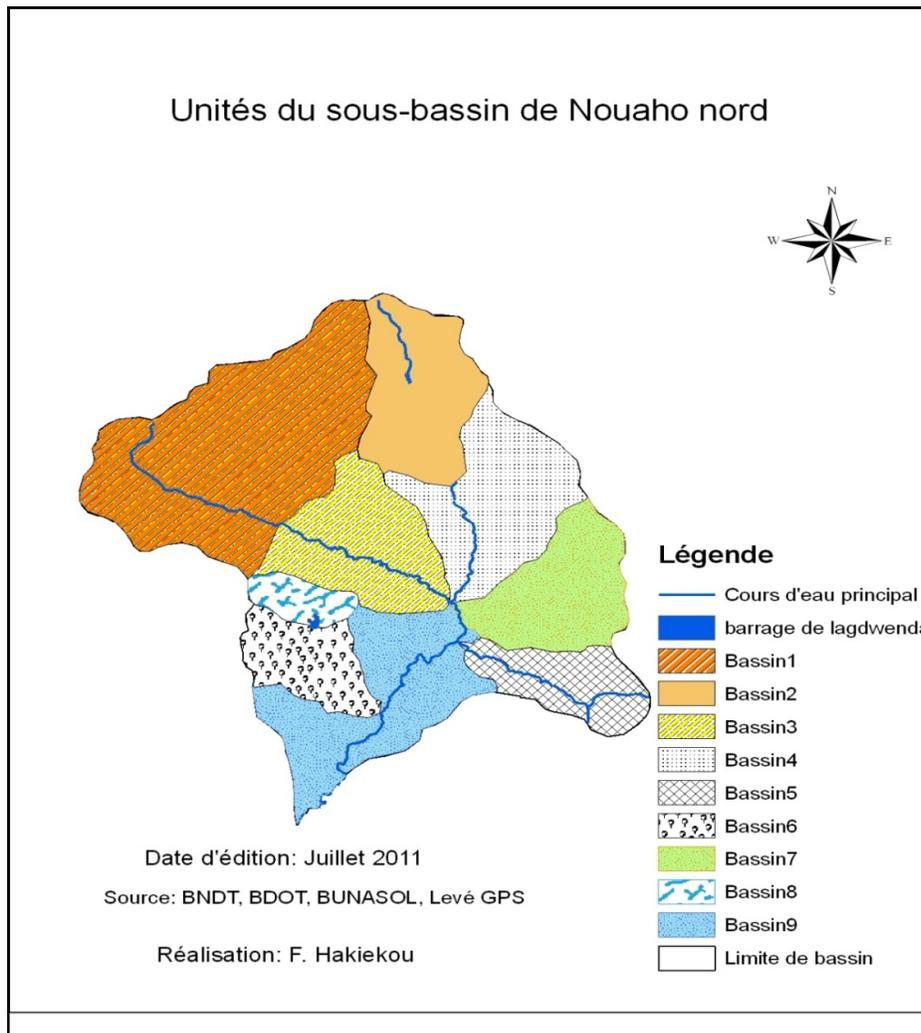


Figure 5 : Carte des sous-bassins, unités d'aménagement

Les résultats du découpage des unités montrent que les sous-bassins les plus dégradées sont les sous-bassins N° 1, 2, 3, 4 et 8. Ces sous-bassins présentent selon la carte d'occupation des terres les superficies cultivées les plus importantes. La densité de population y est plus forte. De plus, ses entités se localisent sur la pente supérieure du bassin de Nouaho nord.

Les sous-bassins les moins dégradés sont les sous-bassins N° 5, 6, 7 et 9. Selon la carte d'occupation des terres, ces unités sont celles qui abritent les principales formations forestières dont la forêt de Sablogo et la zone pastorale de la Nouaho. La densité de population y est relativement faible. Ces sous-bassins occupent la partie aval qui constitue la pente inférieure du bassin versant.

2.1.3. Caractérisation de l'impact des activités agro-sylvo-pastorales sur le sous-bassin de Nouaho nord

2.1.3.1. Identification des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique et humain du sous-bassin de Nouaho nord

La méthode de traitement utilisée pour l'identification des impacts est la matrice de Léopold recommandée par (PNUE, 2002). Cette méthode permet d'établir le lien entre actions et impacts à identifier.

Tableau 5 : Identification des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique ciblé

Milieu biophysique	Source d'impact	Impact	Description de l'impact
Végétation	Pratiques agricoles	Dégradation du couvert végétal	Défrichements anarchiques, éliminations des rejets sur champ
		Appauvrissement organique du sol	Exploitation excessive du sol sans apport de matière organique
	Pratiques pastorales	Mutilation des arbres et arbustes	Coupe de branches pour fourrage, destruction de la biomasse végétale
		Surpâturage et piétinement des herbacées	Forte pression sur les parcours, dégradation du tapis herbacée
	Pratiques sylvicoles	Coupe de bois mort et vert	Exploitation forestière (bois de feu, perches, ...)
		Feux de brousse	Destruction du tapis herbacée, des rejets, rabougrissement des arbres
Sol	Pratiques agricoles	Destruction de la stabilité structurale du sol	Fragilisation du sol, exposition du sol à l'effet « splash »
		Erosion en nappe, en rigole et en ravine	Pratiques culturelles favorables à la dénudation du sol, à la disparition de la stabilité structurale du sol et à l'érosion
	Pratiques pastorales	Piétinement, encroutement, battance du sol	Forte pression de pâturage entraînant la fragilisation du sol et la formation de pellicules de battance
		Erosion en nappe et en rigole	Destruction de la stabilité structurale du sol, exposition à l'effet « splash » et à l'érosion ravinante
	Pratiques sylvicoles	Coupe de bois vert et de bois mort	Exploitation du bois, diminution de la biomasse végétale sur le sol, dénudation du sol
		Feux de brousse	Destruction du tapis herbacée, diminution de la biomasse végétale morte sur le sol
Eau	Pratiques agricoles	Ruissellement accéléré	Dénudation et compactage du sol, baisse de l'infiltration, augmentation du ruissellement
		Ensablement de cours d'eau	Décapage et transport de matériaux sableux du versant, dépôt de ces matériaux dans les cours d'eau
		Dégradation des berges	Défrichement des forêts galeries pour la production agricole, exposition des berges à l'érosion hydrique
	Pratiques pastorales	Ruissellement accéléré	Dénudation et compactage du sol par le bétail, baisse de l'infiltration, augmentation du ruissellement
		Ensablement de cours d'eau	Fragilisation du sol par piétinement, décapage et transport de matériaux sableux du versant et dépôt dans les cours d'eau
		Dégradation des berges	Réduction de la stabilité structurale du sol par piétinement, ruissellement accéléré, érosion des berges
	Pratiques sylvicoles	Baisse de l'infiltration suite à la réduction du couvert végétal Baisse de la capacité de recharge de la nappe	Baisse de la biomasse végétale par suite de coupe, ruissellement accéléré, baisse de la capacité de recharge de la nappe

Le tableau 5 présente la situation des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique. Ces résultats issus des observations de terrain illustrent la nature des impacts auxquels est soumis le sous-bassin versant de Nouaho nord.

Les résultats indiquent que les pratiques agricoles contribuent de façon significative à la disparition du couvert végétale par le biais des défrichements anarchiques, la sélection des espèces jugées utiles par les agriculteurs et l'épuisement organique des sols. Le couvert végétal constitue le facteur primordial de protection du sol contre l'érosion. L'action de la végétation est multiple. L'interception des gouttes des pluies permet la dissipation de l'énergie cinétique, ce qui diminue dans une large mesure l'effet "splash". Son système racinaire maintient le sol en place et y favorise l'infiltration. Accessoirement, l'évapotranspiration de la plante, en asséchant le sol augmente sa capacité d'infiltration. Son développement en surface freine le ruissellement. L'apport en matière organique améliore la structure du sol et sa cohésion.



Photo 1 : Défrichage anarchique, érosion en nappe et ensablement de cours d'eau dans le sous-bassin versant de Nouaho nord

Les activités agricoles contribuent aussi par le biais des méthodes culturales, à la baisse de la stabilité structurale du sol ; l'effet « splash » s'en trouve amplifié surtout en début de saison de pluie. Les effets de ces pratiques culturales sur le bassin versant sont observables le long des toposéquences. Ainsi, l'érosion en nappe, en rigole et en ravine sont prépondérantes sur la partie amont et l'ensablement et la dégradation des berges dominant sur la partie aval.

Les pratiques pastorales dominées par l'élevage extensif pratiqué par les résidents et la transhumance des non résidents contribuent de façon significative à la dégradation du milieu biophysique. En effet, le surpâturage dans les parcours, la coupe abusive des espèces ligneuses, le piétinement dans les exploitations agricoles après les récoltes sont les principales causes de dégradation du couvert végétal, de compactage du sol et de destruction de la stabilité structurale des sols. Ces sols sont ainsi soumis dès les premières averses de la saison hivernale au phénomène de décapage, de transport et de dépôt entraînant du même coup l'érosion en nappe et en rigole en amont et l'ensablement des cours d'eau en aval.

Les pratiques sylvicoles telles que la coupe du bois et les feux de brousse contribuent de façon significative à la réduction du couvert végétal ligneux et à la disparition du tapis herbacé pendant une partie de la saison sèche. Ces pratiques ont pour corollaires, la réduction du recouvrement des ligneux et donc de la capacité d'interception des eaux de pluie ; elles contribuent également à la dénudation du sol. L'effet « splash » et le ruissellement sont par conséquent très importants au cours des premières averses de la saison hivernale. Le ruissellement ainsi accéléré accroît l'érosion en nappe, en rigole et en ravine en amont et l'ensablement des cours d'eau en aval.

Tableau 6 : Estimation de la dégradation spécifique du bassin du barrage de Lagdwenda

Modèle	Dégradation spécifique en M ³ /Km ² /an
GOTTSCHALK	190
IEH-EIER (GRESILLON)	165

Source : Données de l'étude

Le barrage de Lagdwenda dont la mise à eau date d'Août 2002 a une capacité de 63 000 m³. Son bassin versant d'une superficie de 23,55 Km² a une dégradation spécifique de 190 M³/Km²/an (Formule de GOTTSCHALK) et de 165 M³/Km²/an (Formule de GRESILLON).

Ces valeurs, bien qu'indicatives renseignent sur l'acuité du problème de l'envasement du barrage de Lagdwenda. Des études diagnostics réalisées autour du plan d'eau dont (PDR/B, 2005) évoquait les risques d'ensablement encourus par le barrage de Lagdwenda soumis à une forte dégradation spécifique par suite des actions anthropiques. L'image ci-dessous en est une illustration.



Photo 2 : Processus d'ensablement en amont du barrage de Lagdwenda

(Image Google earth 2010 et photo juillet 2011)

Ces impacts ont pour conséquences, la réduction de la capacité de stockage et donc de la fonction de « réservoir tampon » des plans d'eau dont celui de Lagdwenda et de Yabré et des cours d'eau en cas de crue. Ce qui pourrait conduire à l'apparition de débits de pointe importants et à l'accroissement des risques d'inondations en aval.

Tableau 7 : Identification des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu humain du sous-bassin de Nouaho nord

Milieu humain	Source d'impact	Impact	Description de l'impact
Social	Pratiques agricoles	Amélioration du niveau de vie	Satisfaction des besoins vitaux grâce à la vente des produits agricoles, existence de groupements de producteurs agricoles
		Baisse des rendements agricoles	La dégradation accélérée des terres induit une baisse significative des rendements agricoles
	Pratiques pastorales	Prestige	Considération sociale et admiration des autres
		Baisse des rendements d'élevage	La productivité du bétail baisse et cela a une incidence sur le revenu issu de l'élevage et sur le niveau de vie
Pratiques sylvicoles	Acquisition de bois de chauffe, de bois de construction, de produits de cueillette	Exploitation de bois et de fruits pour la satisfaction des besoins sociaux	
Economique	Pratiques agricoles	Produits de rente, augmentation des revenus	Vente de produits agricoles (coton, riz, sorgho, mil, arachide, sésame), acquisition de devises monétaires
		Baisse des revenus monétaires	La baisse des rendements induit une baisse des revenus monétaires
	Pratiques pastorales	Vente du bétail et des sous-produits de l'élevage	Le commerce du bétail et des sous-produits procure des revenus monétaires aux hommes et aux femmes
	Pratiques sylvicoles	Vente de bois, augmentation des revenus	L'exploitation forestière à but commerciale procure des revenus aux populations
Culturel	Pratiques agricoles	Célébration des funérailles, baptêmes et autres rites coutumiers	Les céréales contribuent à la célébration des coutumes
	Pratiques pastorales	Célébration des funérailles, baptêmes et autres rites coutumiers	Le bétail est utilisé dans les rites coutumiers
	Pratiques sylvicoles	Sculpture, vannerie, lieux de culte	Le bois et les herbacées sont utilisés pour la fabrication d'objets d'art ou d'outils de travail, des bosquets servent de lieux de culte

Le tableau 7 présente les résultats des enquêtes socio-économiques sur l'identification des impacts. En dépit de la prédominance des impacts positifs, l'ampleur des impacts négatifs dont la baisse des rendements et la baisse des revenus monétaires est significative. De plus, les effets pervers de la dégradation des terres qui pourraient se manifester à travers les changements climatiques comme les risques d'inondation ou d'aridification accrue du milieu ne sont pas à exclure.

2.1.3.2. Evaluation des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique et humain du sous-bassin de Nouaho nord

La méthode de traitement utilisée dans le cadre de l'évaluation des impacts est la matrice de Fecteau couramment utilisée dans le cadre des évaluations environnementales et décrite par (PNUE, 2002).

Tableau 8 : Matrice de synthèse de l'évaluation des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique du sou-bassin versant de Nouaho nord

N° sous-bassin	Activités dominantes source d'impact	Impact dominants	Milieu biophysique
1	Agriculture	Erosion en nappe, en rigole et en ravine, ensablement	- - -
2	Agriculture	Erosion en nappe, en rigole et en ravine, ensablement	- - -
3	Agriculture Elevage	Erosion en nappe, en rigole et en ravine, ensablement Sol dénudé et compacté par piétinement	- - -
4	Agriculture Elevage	Erosion en nappe, en rigole et en ravine, ensablement Sol dénudé et compacté par piétinement	- - -
5	Agriculture	Erosion en rigole en amont, ensablement en aval	- -
6	Agriculture Elevage Foresterie	Erosion en nappe et en rigole Sol dénudé et compacté Coupe de bois en aval	- -
7	Agriculture Elevage Foresterie	Erosion en nappe et en rigole Sol dénudé et compacté par piétinement Coupe de bois en aval, feu de brousse	- -
8	Agriculture Elevage	Erosion en nappe, en rigole et en ravine, ensablement du barrage, pollution, eutrophisation Sol dénudé, compacté, dégradation des berges	- - -
9	Elevage Foresterie	Erosion en nappe et en rigole, ensablement Dégradation des berges Coupe de bois en amont	-

Légende :

Impact positif	Impact négatif	Source : données de terrain
+ Faible	- Faible	
++ Moyenne	-- Moyenne	
+++ Forte	--- Forte	

Le tableau 8 présente les résultats des observations terrain sur le milieu biophysique. La situation inquiétante de l'impact des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique est perceptible. L'on note que sur l'ensemble des 09 sous-bassins versants délimités, les activités agro-sylvo-pastorales ont une incidence négative sur le milieu biophysique. Les impacts les plus importants sont l'érosion en nappe, en rigole et en ravine dans la partie amont. Ces formes d'érosion provoquent dans la partie aval le phénomène d'ensablement des cours d'eau et du barrage de Lagdwenda situé à l'exutoire du bassin 8.

Tableau 9 : Matrice de synthèse de l'évaluation des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu humain du sou-bassin versant de Nouaho nord

N° du sous-bassin versant	Activité source d'impact	Impact	Milieu humain récepteur
1	Agriculture	Revenu financier accru (bas-fonds), baisse des revenus agricoles (versants)	++
2	Agriculture	Revenu financier accru (bas-fonds), baisse des revenus agricoles (versants)	++
3	Agriculture Elevage	Revenu financier accru (bas-fonds), qualité de vie améliorée, baisse des revenus agricoles (versants) Revenu financier acquis par vente du bétail	++
4	Agriculture Elevage	Revenu financier accru (bas-fonds), qualité de vie améliorée, baisse des revenus agricoles (versants) Revenu financier acquis par vente du bétail	++
5	Agriculture	Revenu financier accru (bas-fonds), baisse des revenus agricoles (versants)	++
6	Agriculture Elevage Foresterie	Revenu financier accru (bas-fonds), baisse des revenus agricoles (versants) Revenu financier acquis par vente du bétail, Revenu issu du bois de feu	++
7	Agriculture Elevage Foresterie	Revenu financier accru (bas-fonds), baisse des revenus agricoles (versants) Revenu financier acquis par vente du bétail Revenu issu du bois de feu	++
8	Agriculture Elevage	Revenu financier accru (périmètre irrigué), qualité de vie, baisse des revenus agricoles (versants) Revenu financier acquis par vente du bétail	++
9	Elevage Foresterie	Revenu financier acquis par vente du bétail Revenu issu du bois de feu	+++

Légende :

Impact positif

+ Faible
++ Moyenne
+++ Forte

Impact négatif

- Faible
-- Moyenne
--- Forte

Source : données d'enquête

Les résultats de l'évaluation des impacts socio-économiques présentée dans le tableau 9 indiquent que les activités agro-sylvo-pastorales contribuent positivement à l'amélioration des conditions de vie des populations. Toutefois, les effets conjugués de ces activités sur le milieu biophysique contribuent de façon significative à la baisse de la productivité agro-sylvo-pastorales. Le constat de la baisse constante des rendements agricoles sur les versants fortement dégradés et l'augmentation des revenus consécutive à la mise en valeur des bas-fonds est révélateur. En effet, les bas-fonds sont de plus en plus mis en valeur avec pour principale spéculation, le riz dont les variétés améliorées donnent des rendements significatifs.

2.1.3. Prédiction de l'impact des activités agro-sylvo-pastorales

2.1.3.1. Analyse diachronique de l'occupation des terres entre 1992 et 2002

L'évolution de l'occupation des terres entre 1992 et 2002 est illustrée par les cartes ci-dessous.

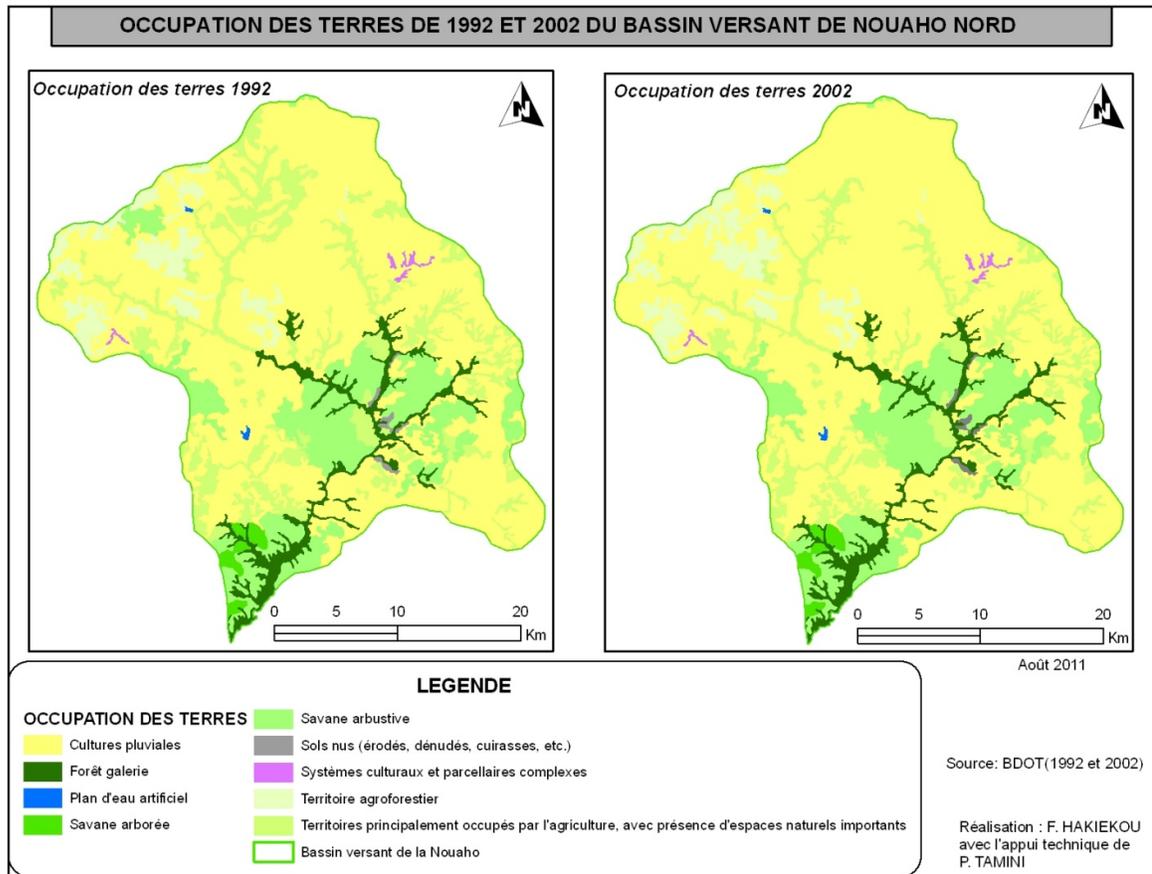


Figure 6 : Carte de l'évolution de l'occupation des terres entre 1992 et 2002

Les résultats cartographiques montrent que la partie nord (partie amont) du bassin versant connaît une occupation accélérée consécutive à la mise en culture des formations naturelles. La partie sud (partie aval) occupée par les zones agro-sylvo-pastorales de la Nouaho et de Sablogo connaît par contre une occupation modérée.

Tableau 10 : Evolution de l'occupation des terres du sous-bassin entre 1992 et 2002

Occupation des terres	Superficie en 1992		Superficie en 2002	
	ha	%	ha	%
Champ	59386	61	62230	64
Formation agro forestière	18372	19	16190	17
Formations anthropiques	77759	80	78420	81
Savane arbustive	13194	14	12532	13
Forêt galerie	4672	5	4672	5
Savane arborée	794	1	794	1
Formations naturelles	18660	20	17998	19
Sols nus	281	0,3	281	0,3
Plan d'eau	70	0,1	70	0,1
Total	96769	100	96769	100

Source : Extrait et calculé à partir de BDOT 1992 et BDOT 2002

Les résultats de l'analyse diachronique présentés dans le tableau 10 montre qu'en 1992, les formations naturelles occupaient une superficie de 18 660 ha ; celles anthropiques 77 759 ha et les zones nues 281 ha. En 2002, la répartition se présentait comme suit : 17 998 ha pour les formations naturelles, 78420 ha pour celles anthropiques et 281 ha correspondant aux zones nues.

Dans les formations naturelles, la savane arborée et la forêt galerie n'ont pas connu une évolution significative entre 1992 et 2002. Par contre, la savane arbustive a régressé de 662 ha, soit 1 % de la superficie totale du bassin versant.

Dans les formations anthropiques, les champs ont connu une nette évolution, passant de 59 386 ha en 1992 à 62 230 ha en 2002, soit une augmentation de 2 884 ha en 10 ans, ce qui représente 3 % de la superficie totale du bassin versant. Les formations agro forestières représentées par les jachères et les reliques de savanes arbustives fortement dégradées ont plutôt connue une diminution au profit des champs, passant de 18 372 ha en 1992 à 16 190 ha en 2002, soit une diminution de 2 182 ha en 10 ans.

La forte régression de la savane arbustive (662 ha) et de la formation agro forestière (2 182 ha) dans la partie amont du bassin versant s'est effectuée au profit des champs, qui sont à l'origine de cette régression. Par contre, la stabilité constatée dans les formations de savane arborée et de forêt galerie se justifie en partie par le statut des zones occupées par ces formations naturelles : la savane arborée se localise dans la zone de l'exutoire du bassin versant ; cette zone constitue la partie nord de la zone agro-sylvo-pastorale de la Nouaho. De même, la forêt galerie se localise essentiellement dans la partie aval occupée par la zone agro-sylvo-pastorale de Sablogo. Ces deux zones, de part leurs statuts, bénéficient d'une protection particulière favorable au maintien du couvert végétal.

2.1.3.2. Prédiction de l'évolution du milieu biophysique et humain du sous-bassin de Nouaho nord

L'analyse diachronique de l'occupation des terres montre que le taux d'occupation agricole connaît depuis 1992 une évolution croissante, passant de 59 386 ha en 1992 à 62 230 ha en 2002 et à 63 148 ha en 2008 (PROGEREF, 2008) cité par (Ilboudo, 2009).

Les résultats d'extrapolations faites à partir des données de (MEF/BF, 2009) utilisant un taux d'accroissement intercensitaire de 2,9 % montrent que la population du sous-bassin est passée de 16 953 habitants en 1985 à 25 874 habitants en 1996 et à 29 225 habitants en 2006.

La figure 7 illustre l'évolution de la population et des superficies cultivées du sous-bassin entre 1992, 2002 et 2008.

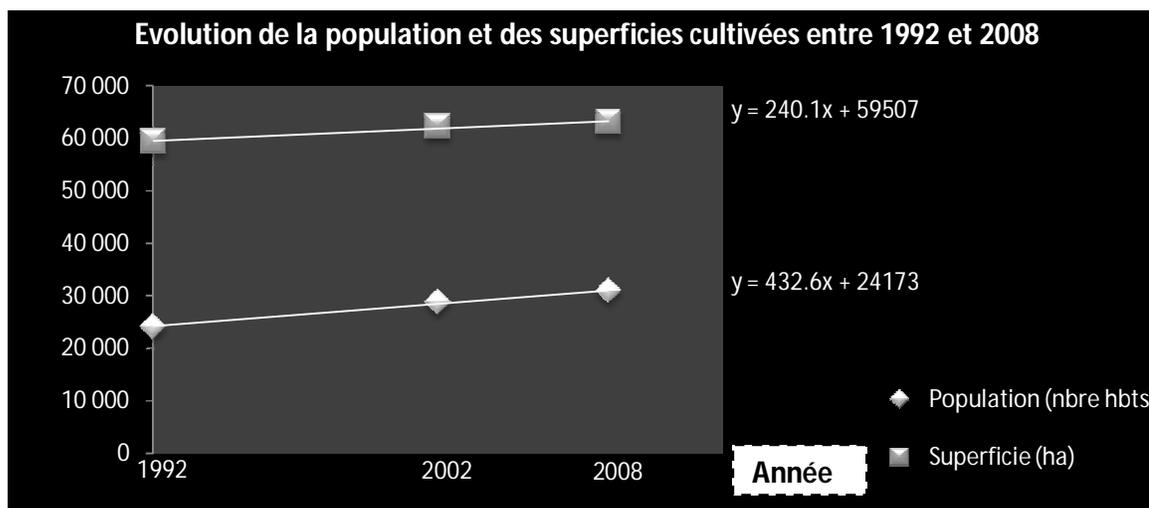


Figure 7 : Evolution de la population et des superficies cultivées du bassin de Nouaho nord entre 1992 et 2008

Les droites de régression montrent une tendance de croissance similaire entre la population et les terres cultivées entre 1992 et 2008.

Les équations des droites de régression de la population: $Y = 432,6 X + 24173$ et des superficies : $Y = 240,1 X + 59507$ constituent des modèles mathématiques simplifiés de prédiction de l'évolution de la population et des superficies cultivées dans le sous-bassin de Nouaho nord si la tendance est maintenue. Ces modèles mathématiques de prédiction montrent que les superficies des terres cultivées évolueront de 63 148 ha en 2008 à 73 470 ha en 2050, soit plus de 10 000 ha (environ 10 % de la superficie du bassin versant) en 40 ans. Quant à la population, elle croît à un rythme plus accéléré, passant de 30 920 habitants en 2008 à 49 264 habitants en 2050, soit un accroissement de 18 344 habitants.

La figure 8 quant à elle illustre la corrélation entre la prédiction de l'évolution de la population et celle des superficies cultivées entre 2008 et 2050.

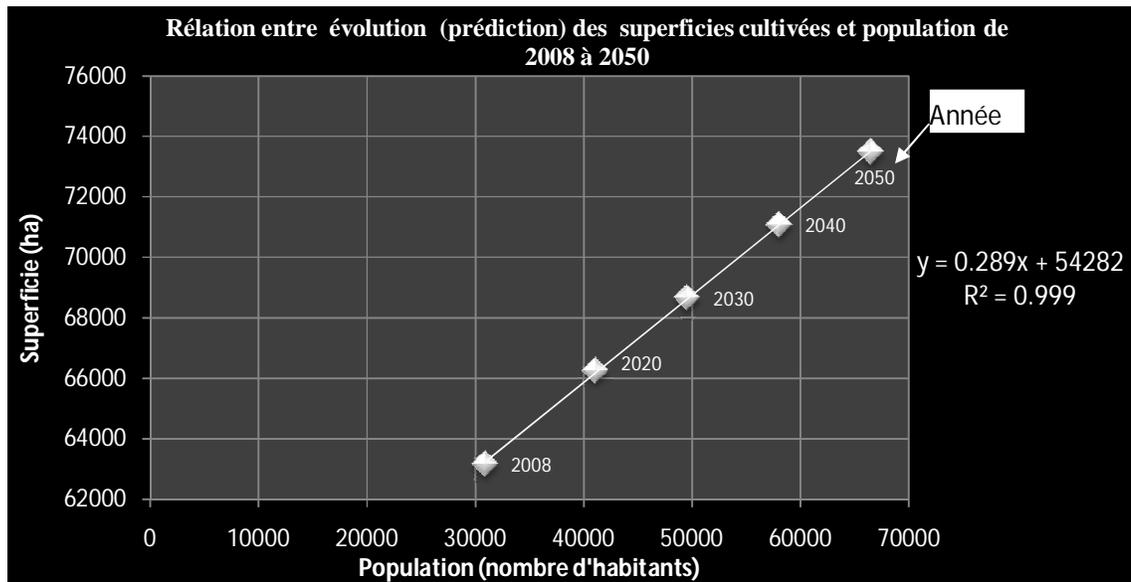


Figure 8 : Relation entre l'évolution de la population et des superficies cultivées du bassin de Nouaho nord entre 2008 et 2050

La figure 8 présente une corrélation très significative entre l'évolution de la population et celle des superficies cultivées. La valeur du coefficient de détermination $R^2 = 0,9$ en est l'illustration.

La croissance démographique aura dans les décennies à venir une incidence très significative sur les ressources en eau, en sol et sur les ressources forestières du sous-bassin de Nouaho nord. L'incidence se traduira sans doute par un accroissement significatif des superficies mises en culture chaque année. Toutefois, ces superficies ne seront pas indéfiniment extensibles en raison de l'existence de la zone agro-sylvo-pastorale de Sablogo, à l'intérieur de laquelle la délocalisation des populations a été entamée depuis 2009. De même, la présence de la zone agro-sylvo-pastorale de la Nouaho au sud du bassin constitue une contrainte supplémentaire pour l'extension des surfaces cultivées.

Les risques de conflits fonciers sont également à redouter au regard des désaccords constatés entre certains villages (cas du litige autour du bas-fond à aménager à Poestenga).

Au regard de ces contraintes, l'alternative qui pourrait se substituer à l'extension des superficies cultivées est le développement d'une stratégie d'intensification agricole et pastorale basée sur la petite irrigation de contre-saison, le développement de l'arboriculture, l'intensification accrue de l'élevage. Les projets de création de petits barrages sur l'ensemble du bassin de la Nouaho (considéré comme un bassin encore vierge) sont donc envisageables.

De plus, le processus de décentralisation en cours accorde une place de choix à la gestion décentralisée des ressources naturelles. L'instauration de redevances sur l'exploitation des ressources pastorales et sur les ressources en eau constituera une contrainte supplémentaire qui militera en faveur du développement d'une stratégie d'intensification agro-sylvo-pastorale.

2.2. Discussion

2.2.1. Discussion des résultats du milieu biophysique

Les résultats de l'identification et de l'évaluation des impacts des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique renseignent sur la nature et l'importance des impacts. L'hétérogénéité observée dans la dégradation du milieu a conduit à la formation de sept unités (sous-bassins) suivant les critères géomorphologiques, d'occupation des terres et hydrologiques.

A partir de ces résultats, l'analyse suivante peut être faite :

La partie amont du bassin versant de Nouaho nord constitué des sous-bassins N° 1, 2, 3, 4 et 8 est fortement dégradée par suite de la mise en culture des formations de végétation naturelle. Le seuil critique de la mise en valeur de l'espace agricole, estimé à 25 % par Terrible (1981) cité par (Drabo I., 2003), au regard de la productivité des sols sahéliens et surtout du stade des techniques agricoles étant largement dépassé, la justification de l'ampleur des impacts agricoles sur cette partie du bassin trouve toute sa signification. Sur le plan pastoral, la transhumance est surtout perceptible dans cette zone du bassin en début et en fin de saison de pluie, notamment le long des sous-bassins N° 1, 2, 3, 4 et 8. Le surpâturage est ainsi la principale cause du compactage des sols. Les impacts des piétinements suite au surpâturage dans les parcours se manifestent par le décapage de l'horizon humifère et la formation de grandes plages de sol stérile, encrouté, compacté et imperméable. L'apparition des croutes de surface est considérée comme une forme de dégradation structurale des sols (Roose E., 1974). L'effondrement des macrospores, l'encrouement de la surface battue par les pluies (organisations pelliculaires superficielles), la compaction à la limite de l'horizon superficielle sont des effets perceptibles, surtout dans cette partie amont. L'encrouement réduit considérablement l'infiltration et induit l'apparition de l'érosion en nappe, de l'érosion en rigole et en ravine sur ces hauts glacis du bassin versant.

La partie aval du bassin versant de Nouaho nord constitué des sous-bassins 5, 6, 7 et 9 est caractérisée par des niveaux topographiques plus bas, des formations superficielles plus stables. Elle est surtout protégée par la présence de la zone pastorale de la Nouaho et de la zone agro-sylvo-pastorale de Sablogo où des processus d'aménagement participatif sont enclenchés.

Néanmoins, la position aval de cette partie la soumet au phénomène de concentration des eaux entraînant l'érosion en rigole et en ravine par endroits. La sédimentation, à l'origine de l'ensablement des cours d'eau et du barrage de Lagdwenda est très perceptible dans cette partie dont certaines berges de cours d'eau sont occupées par les producteurs agricoles. Ce processus se traduit par la réduction de la capacité des rivières dont les corollaires sont la réduction de la capacité de recharge de la nappe, la diminution du volume d'eau mobilisé dans les réservoirs et les risques d'inondation des terres situées en aval.

2.2.2. Discussion des résultats du milieu socio-économique et institutionnel

Les résultats obtenus à l'issue des enquêtes font ressortir de façon cumulative des impacts positifs en termes d'amélioration des conditions de vie des populations. L'on note que depuis 1992, plus de 60 % de la superficie du bassin versant est occupée par des exploitations agricoles.

Toutefois, ces impacts positifs sont loin de compenser les effets pervers des activités agro-sylvo-pastorales sur le milieu biophysique, particulièrement sur la composante végétation, sol et eau. La répercussion socio-économique de la dégradation des terres se manifeste surtout en termes de baisse des rendements et des revenus monétaires surtout sur les sous-bassins N°1, 2, 3, 4 et 8.

Les sous-bassins N° 5, 6, 7 et 9 qui sont les moins anthropisées car abritant des espaces en aménagement (zone pastorale de la Nouaho et de la zone agro-sylvo-pastorale de Sablogo) sont celles qui procurent les meilleurs revenus issus surtout de l'élevage et de la vente du bois de chauffe.

A cette pression démographique s'ajoute la non-application des dispositions contenues dans les textes fondamentaux qui régissent l'occupation et l'aménagement de l'espace rural. Ces documents juridiques sont notamment la loi portant réorganisation agraire et foncière, la loi portant régime foncier rural, la loi d'orientation relative à l'eau, la loi d'orientation relative au pastoralisme, la loi portant code des collectivités territoriales décentralisées et le code forestier. A l'exception de la zone pastorale de la Nouaho et de la zone agro-sylvo-pastorale de Sablogo ou des processus d'aménagement participatif sont enclenchés. A l'exception également du petit périmètre irrigué de Lagdwenda et de quelques bas-fonds aménagés, les autres aires de production n'obéissent à aucun plan d'occupation moderne.

Conclusion et perspectives

L'étude conduite dans le cadre de notre stage d'immersion à l'Agence de l'Eau du Nakanbé sur l'impact des activités agro-sylvo-pastorales sur le sous-bassin versant de Nouaho nord au Burkina Faso a permis de cerner les problématiques GIRE de ce bassin versant. L'approche à deux dimensions (la dimension biophysique et la dimension humaine) adoptée, montre que les pratiques agricoles sont les premières mises en cause dans la dégradation des terres sur le bassin versant. Les pratiques pastorales telles la divagation des animaux et la transhumance ont également un impact significatif sur le milieu biophysique. Les pratiques sylvicoles contribuent également à la réduction du couvert végétal et à l'exportation d'une importante quantité de matière organique sous forme de bois mort exploité et à travers le passage récurrent des feux de brousse.

Les résultats des enquêtes socio-économiques montrent que, contrairement à certains préjugés, les producteurs appréhendent la dynamique de leur milieu ainsi que ces effets induits sur la qualité de leur niveau de vie. Pour ces populations du bassin, la dégradation de leur environnement se manifeste par une régression très significative de la densité du couvert végétal, la réduction des parcours et la perte des terres.

A l'issue du diagnostic, des propositions techniques d'aménagement ont été faites en relation avec le contexte local. Des recommandations en vue de la prise en compte aussi bien de la dimension technique que de la dimension humaine et institutionnelle des impacts ont été formulées.

En termes de perspectives, l'approche en matière de gestion concertée des ressources en eau prôné par l'agence du bassin du Nakanbé constitue une opportunité pour le sous-bassin de Nouaho nord. L'élaboration et la mise en œuvre des instruments juridiques et institutionnels de gestion en cours sur le bassin du Nakanbé assureront à terme, la réalisation d'actions concrètes à l'échelle de chaque sous-bassin versant dont celui de Nouaho nord.

Recommandations

Au regard des problématiques GIRE identifiées sur le sous-bassin versant de Nouaho nord qui sont essentiellement :

- La très forte dégradation des terres agricoles sur la partie amont du bassin versant;
- La forte dégradation des terres sylvo-pastorales sur la partie amont du bassin versant ;
- La dégradation accélérée des berges des cours d'eau dans la partie aval du bassin;
- L'ensablement accéléré des cours d'eau et du barrage de Lagdwenda ;
- Le faible niveau de synergie des actions de gestion intégrée des ressources naturelles sur le bassin versant ;

Nous suggérons la mise en œuvre d'activités qui s'inscrivent dans un plan d'atténuation de l'impact négatif des activités agro-sylvo-pastorales sur le bassin versant de Nouaho nord. Ce plan d'atténuation qui tiendra compte des réalités locales se fondera sur la valorisation des savoirs locaux en matière de conservation des eaux et des sols. La prise en compte du coût des investissements dans la définition des activités de traitement du bassin versant constitue également un gage de réussite des programmes d'aménagement. Le plan d'aménagement se fondera sur les axes suivants :

a) Sur le plan technique, nous proposons la mise en œuvre d'un plan d'aménagement du bassin versant étalé sur six ans. Ce plan mettra l'accent au cours des deux premières années sur la traitement de la partie amont identifiée comme prioritaire compte tenu du taux d'occupation agricole supérieur à 60%, de sa position amont et de la nature des formations superficielles à dominance sableuses.

Le plan d'aménagement se concentrera à partir de la troisième année au traitement de la partie aval du bassin. Les différents procédés de traitement décrits en annexes se basent sur les principes fondamentaux de l'aménagement d'un bassin versant (réduction du ruissellement en amont, traitement des ravines sur le versant, stabilisation des berges et lutte contre l'ensablement en aval). De façon pratique, les dispositifs suivants sont préconisés :

❖ **Dispositif de maîtrise du ruissellement en amont** : l'accent devra être mis sur les aménagements à faibles coûts et de rentabilité appréciable comme les procédés biologiques basés sur l'utilisation des végétaux herbacés et ligneux ;

❖ **Dispositif de correction des ravines sur terrains en pente** ; il comprend deux étapes fondamentales qui sont le traitement des ravines avec l'utilisation des seuils en pierres et de sacs en terre et la végétalisation des ravines qui est une étape capitale précédant le traitement des ravines ;

❖ **Dispositif de protection des berges** : au regard du niveau de dégradation des berges, de la vitesse d'ensablement des cours d'eau, du degré de friabilité des formations superficielles, de l'état des pratiques agro-pastorales, et eu égard au non respect de la bande de servitude de 100 m définie

par la loi, le modèle d'aménagement sera basé sur la délimitation participative d'une zone tampon (buffer de 100 m) autour des cours d'eau principaux (largeur du lit mineur supérieure à 5 m) et des plans d'eau (barrage de Lagdwenda surtout). Cette bande aura un double objectif de conservation du milieu et de production.

Les modèles techniques proposés devront tenir compte des réalités socio-économiques et les activités devront être conduites de façon participative dans un esprit de conciliation des aspects sociaux avec ceux environnementaux. La mise en place d'une bande de protection de cours d'eau par exemple, fera l'objet de consensus avec les populations qui y mènent des activités de production en vue d'y concilier les activités de protection avec celles de production agro-sylvo-pastorales.

Les figures 9 et 10 illustrent les modèles techniques proposés dans le cadre de la protection de cours d'eau et du barrage de Lagdwenda.

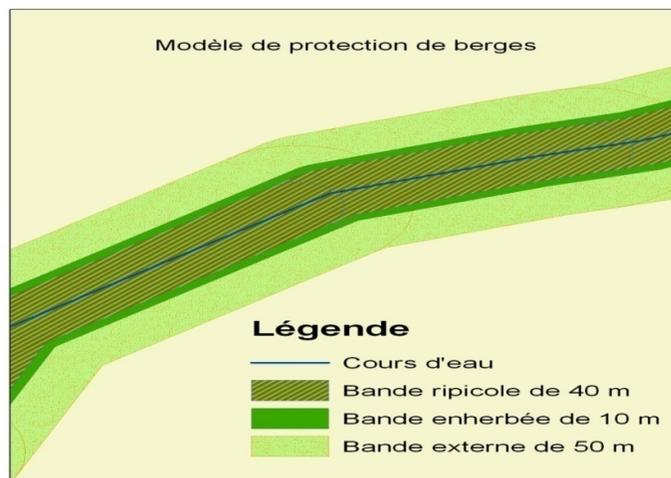


Figure 9 : Modèle de protection des berges de cours d'eau anthropisé

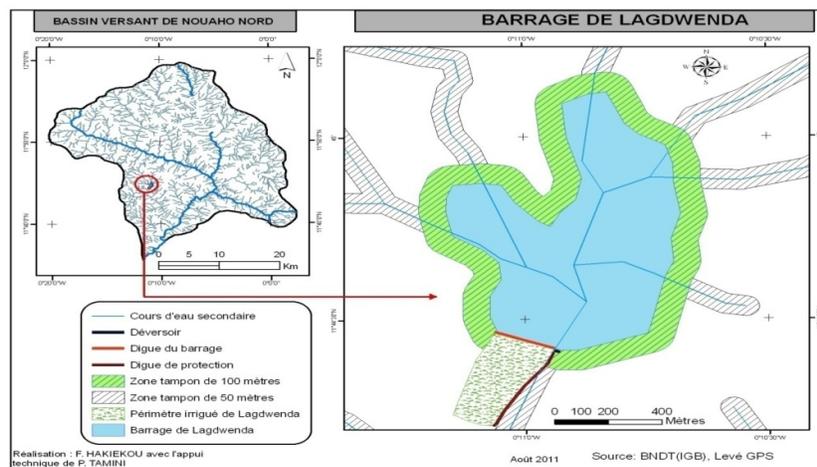


Figure 10 : Modèle de protection du barrage de Lagdwenda

b) Sur le plan socio-économique, il est important de considérer les composantes humaines et sociales de l'aménagement. C'est en tenant compte de cette réalité que l'aménagement du bassin versant devient un aménagement humain répondant aux besoins des individus et de la collectivité. Il est donc impérieux de s'appesantir sur :

- ❖ L'organisation des acteurs locaux à travers des comités inter villageois de conservation des eaux et des sols à l'échelle de chaque sous-bassin versant délimité ;
- ❖ La dynamisation du CLE de Lagdwenda et son extension aux autres villages du bassin de Nouaho nord, en prélude au découpage en cours dans le bassin du Nakanbé ;
- ❖ Le renforcement des capacités opérationnelles des populations à travers des formations et des appuis aux initiatives locales d'aménagement de bassins versants.

c) Sur le plan institutionnel, le comité local de l'eau (CLE) du sous-bassin de Nouaho nord sera doté à terme d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE). Ce SAGE permettra d'initier et de mettre en œuvre, à travers des maîtrises d'ouvrages public ou privé et conformément à la réglementation en vigueur, des solutions aux problématiques d'aménagement et de gestion de l'eau et d'arbitrer les conflits locaux liés à l'usage de l'eau dans son champ de compétence.

Au regard la dynamique de gestion concertée impulsée par l'Agence de l'Eau du Nakanbé, nous suggérons les actions suivantes :

- ❖ L'accélération du processus de découpage du bassin du Nakanbé en vue de l'élaboration d'un plan d'aménagement du sous-bassin versant de Nouaho nord ;
- ❖ La réalisation d'études spécifiques : pédologiques, sylvo-pastorales et hydrologiques en vue d'appréhender avec précision le niveau de dégradation des terres, les pressions pastorales et sylvicoles et les modifications du régime hydrologique suite aux phénomènes d'érosion et d'ensablement.

Bibliographie

Abid Karray, J. (2006). *Bilan hydrique d'un système de cultures intercalaires (olivier-culture maraichère) en Tunisie centrale: approche expérimentale et essai de modélisation*, Thèse. Montpellier: Université Montpellier II.

Bandré E., D. D. (2002). *Impact de la dynamique du couvert végétal sur l'ensablement du lac de Dem au Burkina Faso*. Ouagadougou: ENRECA IDR, DANIDA.

Boudet G., R. R. (1968). *Emploi pratique des analyses fourragères pour l'appréciation des pâturages tropicaux*. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux.

Bouzou Moussa, I. (2002). *Logiques, pratiques et appropriation du territoire des aménageurs au Niger*. ENRECA IDR, DANIDA.

Cudennec C., S. Y. (2000). *Interrelations entre agriculture et hydrologie en zone de bas-fond. Exemple de bassin versant de Kangura, Burkina Faso*. Rome: FAO.

Diabri, P. (2008). *Qualité de l'eau et niveau de comblement du barrage de Tougou (Burkina Faso)*. Mémoire de Master 2. Ouagadougou: 2IE.

Drabo I., I. F. (2003). *Dynamique des populations, disponibilités en terres et adaptation des régimes fonciers: Le Burkina Faso, une étude de cas*. Ouagadougou: MARCHAL Jean-Yves, FAO, CICRED.

FAO, O. C.-C.-E. (Manuel FAO N° 54). *Crues et apports. Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche*. Rome: FAO.

Ilboudo, A. J. (2009). *Inventaire forestier dans la forêt protégée de Sablogo et les terroirs riverains*. Ouagadougou: UICN, MECV.

Karambiri, H. (1998). *Etude de l'envasement des barrages au Burkina Faso: Etude de cas. Mémoire d'Ingénieurs de l'EIER (Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural)*. Ouagadougou: EIER.

Koné, B. (2001). *Monographie du département de Tenkodogo*. Tenkodogo: PDB/B, DREP/CE.

MECV. (2007). *Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA du Burkina Faso)*. Ouagadougou: MECV.

MEE. (2001). *Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion/Programme GIRE*. Ouagadougou: MEE.

MEF/BF. (2009). *Recensement général de la population et de l'habitat de 2006 (RGPH-2006)*. Ouagadougou: Ministère de l'Economie et des Finances (MEF).

MRA. (2004). *Deuxième enquête nationale sur les effectifs du cheptel. Tome II: résultats et analyses (version finale)*. Ouagadougou: MRA.

MRA. (2005). *Initiative "Elevage, Pauvreté et Croissance (IEPC)". Proposition pour un document national*. Ouagadougou: MRA.

- Nouvelot J., F. (1993). *Guide des pratiques hydrologiques sur les petits bassins versants ruraux en Afrique tropicale et équatoriale*. Paris: C.I.E.H,ORSTOM.
- Ouattara S., S. O. (2002). *Sécurisation foncière des producteurs: expérience de la zone agrosylvopastorale de la Nouaho, au Burkina Faso*. Ouagadougou: ENRECA IDR, DANIDA.
- PAGEV. (2007). *Rapport de fin de projet. Juillet 2004 à Septembre 2007*. Ouagadougou: PAGEV, IUCN.
- PDR/B. (2005). *Avant projet de plan d'aménagement et d'orientation de la stratégie d'organisation de l'espace agrosylvopastorale de Sablogo*. Tenkodogo: Projet de développement rural dans le Boulgou (PDR/B).
- Piot J., M. E. (1980). *rapport de synthèse de six années d'étude du ruissellement et de l'érosion à Linoghin*. Nogent sur Marne: CIRAD-CTFT.
- PNGT. (2005). *Guide technique de la nomenclature BDOT-Burkina Faso*. Ouagadougou: IGB,IGN.
- PNUE. (2002). *Manuel de formation sur l'étude d'impact environnemental*. Genève: Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).
- Raharinaivo, S. (2008). *Les techniques de correction des ravines et de stabilisation des Lavaka*. Antananarivo: Programme de Lutte Anti-Erosive (PLAE).
- Roose E., A. J. (1974). *Etude du ruissellement, du drainage et de l'érosion sur deux sols ferrugineux de la région centre de Haute Volta. Bilan de trois ans d'observations à la station de Saria*. Ouagadougou: ORSTOM,IRAT.
- Roose, E. (1980). *Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétation naturelle ou cultivée*. Orléans: Université d'Orléans, thèse.
- Sanou, B. (2006). *Monographie de la commune rurale de Lalgaye en 2005*. Tenkodogo: Commune rurale de Lalgaye, FICOD.
- Sawadogo B., K. Y. (2001). *Monographie du département de Bissiga, Province du Boulgou* . Tenkodogo: PDR/B, DREP/CE.
- Sawadogo H., Z. N. (2008). *Evolution de l'occupation du sol de Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso) à partir des photos aériennes*. Ouagadougou: Revue Télédétection.
- UNESCO. (1986). *Méthodes de calcul de la sédimentation dans les lacs et les réservoirs*. Paris: UNESCO.
- Yaro, E. (2000). *Potentialités et possibilités de gestion participative des formations naturelles protégées: cas de la zone agro-sylvo-pastorale de Sablogo (Provinces du Boulgou et du Koulpélgo au Burkina Faso)*. Bobo-Dioulasso: Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB).

Annexes

Annexe 1: Fiche d'observation de terrain

Fiche de relevé de terrain

Chef d'équipe :		Date :	
N° de l'unité :		N° de placette échantillonnée :	
Coordonnées géographiques du centre de la placette :			
Longitude :		Latitude :	

Géomorphologie

Terrain en pente

% de la pente

Terrain plat

Bas-fonds

Texture du sol

Sableuse

Sablo-argileuse

Sablo-limoneuse

Argileuse

Argilo-sableuse

Argilo-limoneuse

Limoneuse

Limono-sableuse

Limono-argileuse

Gravillonnaire

Autres

Erosion du sol

Erosion en nappe

Griffes d'érosion

Rigoles

Nappes ravinantes

Ravines

Occupation des terres

Habitations

Exploitation agricole

Jeune jachère

Végétation dense

Végétation clairsemée

Zone nue

Faible pression du pâturage

Moyenne pression du pâturage

Forte pression du pâturage

Mesures de conservation des eaux et des sols appliquées

Mesures biologiques :

Mesures mécaniques :

Impacts des activités sur les cours d'eau et plans d'eau

Types de dégradation des berges :

Niveau d'ensablement :

Indices de pollution de l'eau :

Autres problèmes liés à l'utilisation de l'eau :

Mesures de protection des berges et de la qualité de l'eau appliquées:

Annexe 2 : Guide d'entretien N° 1

Identification de l'enquêté

Nom : Prénom : Age : Sexe :

Commune : Village : Date :

Objectif : *Collecter les informations sur les pratiques locales en matière de conservation des eaux et des sols.*

Public cible : *Population des villages situés sur le sous-bassin versant de Nouaho nord*

Interview :

Connaissez-vous des problèmes d'érosion des sols et de dégradation des berges de cours d'eau ou de plan d'eau ?
.....

Quelles sont selon vous les principales causes de la dégradation des sols dans votre localité ?.....

Quelles sont les principales spéculations agricoles produites ?.....

Les techniques de conservation des eaux et des sols que vous utilisez :

Techniques biologiques :

Bandes enherbées Végétalisation de diguettes Plantation d'arbres
Cultures en couloirs Régénération naturelle assistée Autres

Techniques mécaniques :

Diguettes en pierre Diguettes en terre Billon
Gabions Fascine Autres

Sont-elles issues d'initiatives individuelles ou collectives ?.....

Si l'initiative est collective, qui en est le promoteur ?.....

Quelles sont selon vous, les cinq (5) techniques les plus efficaces par ordre d'importance ?

Technique n° 1	Technique n° 2	Technique n° 3	Technique n° 4	Technique n° 5

Quelles sont selon vous les causes de la dégradation des berges ?.....

Quelles sont les mesures de protection des berges que vous appliquez ou souhaitez-vous appliquer ?

Plantation d'arbres Bandes enherbées Autres

Quelles sont selon vous les trois (3) techniques les plus efficaces par ordre d'importance ?

Technique n° 1	Technique n° 2	Technique n° 3

Annexe 3 : Guide d'entretien N° 2

Identification de l'enquête

Nom : Prénom : Age : Sexe :

Structure : Fonction : Date :

Objectif : *Collecter les informations sur les activités des organisations de producteurs.*

Public cible : *Comité Local de l'Eau (CLE) de Lagdwenda, Union des Groupements de Gestion Forestière (UGGF) de Sablogo et Union des Groupements d'Eleveurs (UGE) de la zone pastorale de la Nouaho.*

Interview :

Quelles sont les principaux problèmes rencontrés dans le cadre de la gestion des ressources (en eau, forestières et pastorales) qui vous sont confiées ?

Ressources en eau :

Dégradation des berges	Ensalement	Pollution	Plantes envahissantes	Autres

Ressources forestières :

Pression de coupe	Feux de brousse	Pression de pâturage	Pression agricole	Autres

Ressources pastorales :

Forte capacité de charge	Feux de brousse	Pression agricole	Pression de coupe	Autres

Quelles sont les relations que les différentes organisations entretiennent entre elle ?.....

Existe-il des rencontres de concertation sur la gestion intégrée des ressources hydriques, forestières et pastorales de la zone ?.....

Quelles sont selon-vous les mesures d'atténuation des impacts négatifs des activités de l'homme sur les ressources que vous gérez ?

Ressources en eau :

Ressources forestières :

Ressources pastorales :

Quelles sont les mesures que vous préconisez pour protéger le sol contre l'érosion ?.....

.....

Annexe 4 : Construction de la courbe hypsométrique du sous-bassin de Nouaho nord

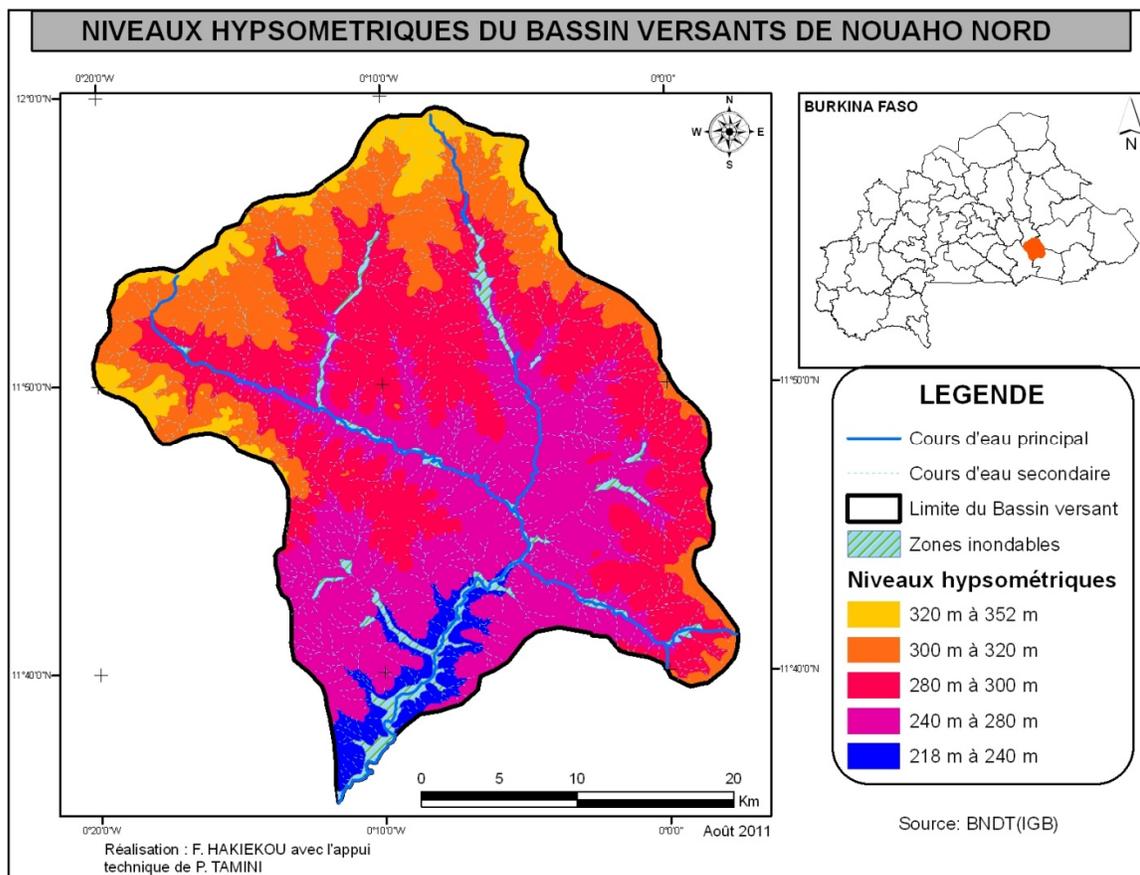
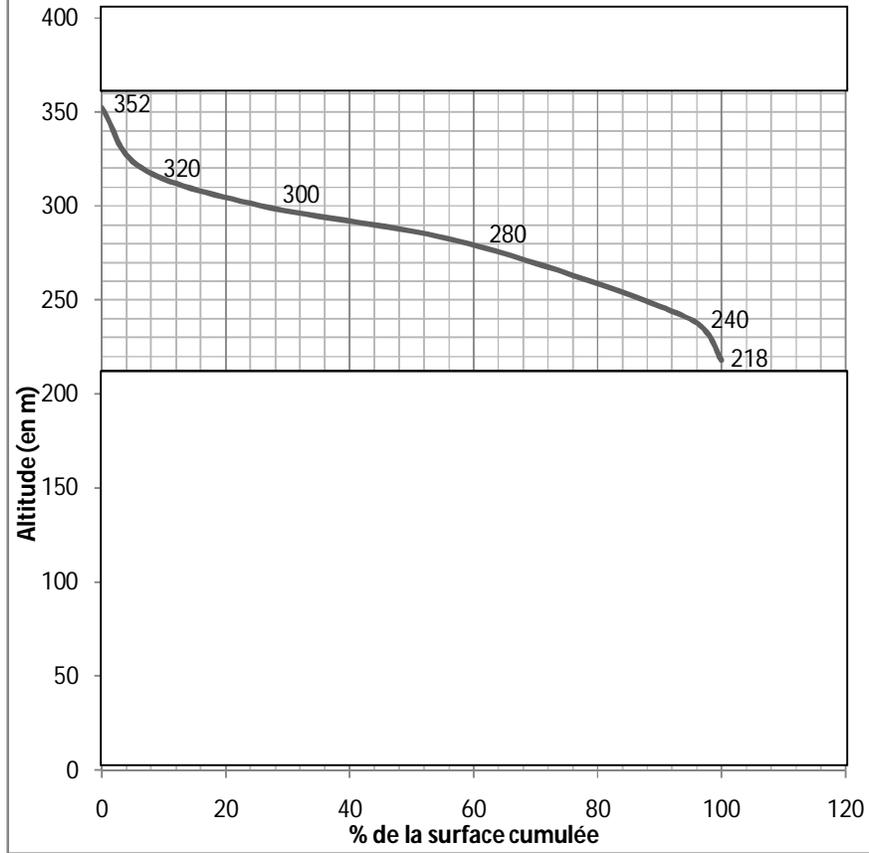


Tableau de construction de la courbe hypsométrique

Tranches d'altitudes	Surface cumulée (km ²)	Surface partielle (Km ²)	% surface cumulée	% surface partielle
352_320	62,12	62,12	6,42	6,42
320_300	248,16	186,04	25,65	19,23
300_280	570,96	322,80	59,00	33,36
280_240	917,64	346,68	94,83	35,83
240_218	967,69	50,05	100,00	5,17

Courbe hypsométrique du sous-bassin de Nouaho nord



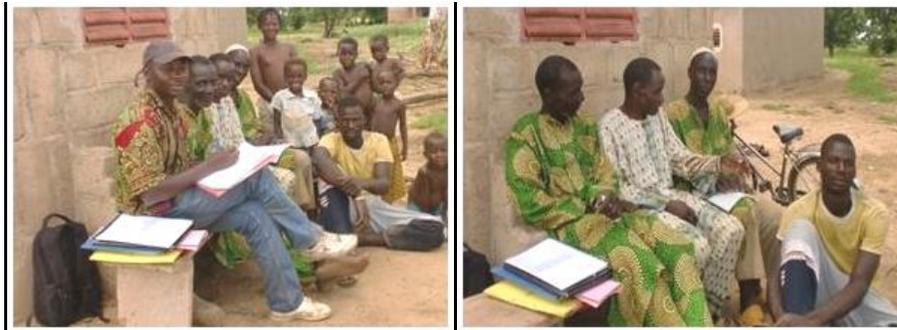
Annexe 5 : Illustration des observations terrain et des enquêtes socio-économiques



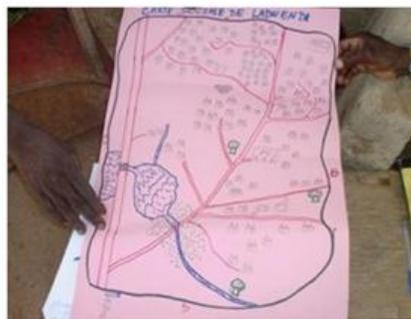
Tentatives de lutte contre l'érosion des sols et la dégradation des berges sur le sous-bassin de Nouaho nord



Sol érodé par le surpâturage, sol protégé par le tapis herbacé et sol gravillonnaire protégé par sa texture



Focus groupe avec le CLE de Lagdenda



Entretien autour de la carte sociale de Lagdenda

Annexe 6 : Liste des points sondés sur le sous-bassin de Nouaho nord

N° Point	Coordonnées UTM		Côtes	Description
	X	Y	Z	
1	806758	1299770	265	Cours d'eau
2	806820	1299915	264	Ensablement de cours d'eau
3	807215	1299308	-	Digue du barrage de Lagdwenda
4	809513	1302766	279	Savane arbustive à Acacia sp. , champ, défriches
5	809942	1303279	274	Savane arbustive à Acacia sp. , très forte pression de pastorale
6	811555	1306865	275	Savane arbustive à arborée, parc à karité, champs, sol sableux, affleurement granitique
7	813911	1309244	285	Cours d'eau, ravinement
8	812200	1323477	-	Sol sableux, champ, très forte pression agricole, Nord du bassin
9	815642	1310784	276	Cours d'eau, ensablement
10	816910	1311655	272	Champs, parc à karité, sols sableux, ensablement des cours d'eau, pente inférieure à 2 %
11	819330	1312343	278	Ensablement de cours d'eau
12	818226	1319512	-	Sol sableux, champ, forte pression agricole, Nord-Est du bassin
13	822454	1311875	292	Ravinement
14	823040	1310810	285	Bas-fond étroit, riziculture, bandes enherbées
15	823140	1310714	284	Ensablement de cours d'eau
16	823655	1309762	285	Dégradation des berges
17	824156	1308932	295	Savane arbustive à Acacia seyal, pente environ 2 %
18	825884	1306329	284	Cours d'eau
19	825911	1302338	284	Savane arbustive dense à sclerocarya birrea et Anogeissus leiocarpus, affleurement cuirassé
20	826194	1296067	294	Champs, sol caillouteux, pente environ 3 %, rigoles au Sud-Est du bassin
21	819970	1307382	-	Bas-fonds, champ
22	805894	1307416	-	Bas-fonds, sols hydromorphes, riziculture, Centre du bassin
23	820348	1295953	-	Savane arbustive, sols hydromorphes, forte pression pastorale, Sud-Est du bassin
24	814929	1292681	254	Cours d'eau, cordon ripicole
25	814903	1292750	255	Sol gravillonnaire
26	814165	1293457	252	Cours d'eau Sablogo
27	813665	1293742	247	Verger, Savane arbustive, parc à karité, sol gravillonnaire et caillouteux, griffes et rigoles
28	820049	1299534	-	Cours d'eau, ravinement, champ
29	810606	1295419	262	Plantation d'Eucalyptus, sol argilo-gravillonnaire, affleurement granitique
30	806221	1297320	259	Bas-fonds hydromorphes
31	805739	1297565	265	Zone agricole de la zone pastorale de la Nouaho
32	804451	1298184	274	Champs, sols sablo-argilo-limoneux
33	828215	1291526	-	Sol sableux, champ
34	804631	1300362	285	S. a, champs, sol sableux tapissé par Schizachyrium sanguineum, faible érosion, pente inférieur à 2 %
35	803179	1301110	301	Sol sableux, affleurements granitiques, pente 2 à 3 %
36	795459	1312259	290	Bas-fond, sol hydromorphe à sableux, ravinement
37	802219	1317664	302	Sol sableux, parc à karité de plus de 40 ans

38	802506	1317829	300	Barrage de Yabré, sols gravillonnaires, champs
39	807032	1316088	289	champs, parc à karité de plus de 30 ans, sols sablo-limoneux
40	807336	1315631	282	Affleurement cuirassé
41	808419	1314083	301	Champs, jachères à karité, érosion en nappe et rigoles, pente environ 2 %
42	809366	1300176	286	Champs, îlots de Savane arboré à Anogeissus leiocarpus, sols sableux
43	809635	1300401	286	Savane arbustive dense à Anogeissus
44	812957	1300990	273	Zone de transhumance, très forte pression pastorale, Savane arbustive à Acacia sp. et Anogeissus leiocarpus, Centre-Sud du bassin
45	815435	1300286	270	Champs abandonnés environ 2 ans, sols sableux, pente inférieure à 2 %
46	815437	1297254	251	Champs et maisons abandonnés environ 2 ans, sols sableux, pente inférieure à 2 %
47	815162	1296473	246	Cours d'eau Nouaho
48	811438	1292414	239	Bas-fonds hydromorphe
49	811424	1292366	239	Forêt galerie
50	810881	1292007	246	Savane arbustive dense, tapis herbacé dense, pente inférieure à 2 %
51	808792	1289244	241	Cours d'eau, forêt galerie
52	808372	1286855	235	Prairie marécageuse
53	807767	1286397	236	Mare, zone inondable
54	806532	1284184	232	Forêt galerie, zone inondable, présence de Borassus
55	806010	1283070	230	Forêt galerie, zone inondable, exutoire, ligne HauteTension
56	806002	1283078	221	Forêt galerie à Anogeissus leiocarpus, borassus aethiopum et Acacia pennata, zone inondable, exutoire
57	801735	1310798	-	Savane arbustive, sol sableux et gravillonnaire, Nord-Ouest du bassin
58	806348	1322014	-	Sol sableux, champ, forte pression agricole, Nord du bassin
59	791357	1311322	-	Sol sableux, champs, érosion en nappe, en rigole et en ravine, très forte pression agricole, Nord-Ouest du bassin
60	804193	1291526	-	Savane arbustive, forte pression pastorale, érosion en nappe et en rigole, sol sableux et gravillonnaire, Sud-Ouest du bassin

Annexe 7 : Liste des principales espèces végétales utilisables pour le traitement biologique

Espèce		Type d'espèce	Matériel végétal utilisé	Traitement préconisé
Nom scientifique	Nom vernaculaire			
<i>Andropogon gayanus</i> **	Andropogon	Herbacée	Eclat de souches	Ralentissement du ruissellement, réduction de l'érosion en nappe en amont sur les parcelles agricoles
<i>Vetiveria zizanoides</i> *	Vétiver	Herbacée	Eclat de souches	Ralentissement du ruissellement, réduction de l'érosion en rigole dans les bas-fonds, stabilisation des berges de cours d'eau faiblement encaissé
<i>Panicum maximum</i> *		Herbacée	Graines plantules	Ralentissement du ruissellement, réduction de l'érosion en nappe en amont sur les parcelles pastorales
<i>Schizachyrium* sanguineum</i>		Herbacée	Graines	Ralentissement du ruissellement, réduction de l'érosion en nappe et en rigole en amont sur les parcelles sylvo-pastorales
<i>Cymbopogon citratus</i> **	Citronnelle	Herbacée	Eclat de souches	Ralentissement du ruissellement, réduction de l'érosion en nappe et en rigole en amont sur les parcelles agricoles
<i>Jatropha curcas</i> **	Pourghère	Sous-ligneux	Boutures Plantules	Ralentissement du ruissellement en aval, réduction de l'érosion en rigole et en ravine, protection éloignée des berges
<i>Agave sisalana</i> *	Sisal		Bulbilles	Ralentissement du ruissellement et interception des sédiments en aval, réduction de l'érosion en rigole et en ravine, protection éloignée des berges et du lit
<i>Prosopis juliflora</i> *	Prosopis	Ligneux	Plantules	Traitement des ravines, protection rapprochée des berges
<i>Acacia nilotica</i> **	Gommier noir	Ligneux	Plantules	Traitement des ravines, protection rapprochée des berges
<i>Borassus aethiopicum</i> **	Rônier		Plantules	Stabilisation des berges, interception des sédiments
<i>Leucaena leucocephala</i> **	Leucaena	Ligneux	Plantules	Stabilisation des sols sur les exploitations agricoles, protection éloignée des berges
<i>Ziziphus mucronata</i> *	Jujubier sauvage	Ligneux	Plantules	Stabilisation des berges, interception des sédiments

** = Espèce très utilisée

* = Espèce moyennement utilisée

Annexe 8 : Liste des autres techniques biologiques et mécaniques de traitement des rigoles, des ravines et de stabilisation des berges

Technique	Matériel utilisé	Traitement préconisé
Fascines	Boutures de <i>Jatropha curcas</i> , Boutures de <i>Bambousa vulgaris</i> et branchage	Traitement de rigoles et de petites ravines, stabilisation des berges, piégeage des sédiments
Tressage	Tiges de Acacia sp.+ tiges de sorgho ou de mil	Traitement de rigoles et de petites ravines, stabilisation des berges, piégeage des sédiments
Profilage des ravines+branchage	Matériel de profilage, herbacées pour la stabilisation des bords de ravines, branches de Acacia sp.	Traitement de petites ravines, piégeage de sédiment en amont
Cordons pierreux	Petits blocs de granites	Réduction du ruissellement, réduction de l'érosion en nappe en amont
Végétalisation des diguettes en pierre	Blocs de granite et végétation herbacée ou ligneuse	Réduction du ruissellement, réduction de l'érosion en nappe, piégeage des sédiments en amont
Seuil en pierres sèches	Gros blocs de granite	Traitement des ravines
Sacs de sable	Sacs + sable	Traitement des ravines

Annexe 9 : Cartographie de la méthodologie adoptée pour l'étude

