



**ZIE** Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement  
International Institute for Water and Environmental Engineering  
Fondation ZIE

**ANALYSE DIAGNOSTIQUE ET AMENAGEMENT DE TROIS POINTS  
D'EAU (LE FLEUVE BELI, LES MARES DE KOUNA ET DE BELDIABE)  
DANS LA PROVINCE DE L'LOUDALAN AU NORD DU BURKINA FASO**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN  
INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : Environnement**

Présenté et soutenu publiquement le Samedi 11 juin 2011 par :

**Yao Désiré KOUAKOU**

**Travaux dirigés par : Dr. Abdoulaye DIARRA**

**M. Alain TRAORE**

UTER : GVEA

*Jury d'évaluation du stage :*

Président : **M. Abdoulaye DIARRA**

Membres et correcteurs : **Mme .Salimata SPINATO  
M. Marcelin KOUAKOU  
M. Alain TRAORE**

**Promotion : 2009-2011**

## **DEDICACES**

*Je dédie ce travail à :*

*Mon Seigneur et Sauveur Jésus-Christ qui par sa grâce et sa bonté m'a accordé sagesse, intelligence et santé pour exécuter mon stage dans de très bonnes conditions,*

*A toute ma famille qui n'a cessé de m'apporter soutien spirituel, moral et financier durant toute l'année académique,*

*A mes frères et sœurs en Christ dont leur réconfort et sollicitude ont été pour moi une source de joie et un appui infaillible.*

## **REMERCIEMENTS**

Le travail de ce stage présenté dans ce rapport de mémoire a été possible grâce à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement de Ouagadougou/Burkina-Faso (Fondation 2IE) dirigée par M. Paul GINIES, où j'ai suivi les enseignements du Master Environnement parachevés par un stage de trois mois et demi en entreprise.

Je remercie très sincèrement Monsieur Zéza Boureima DRABO, coordonnateur de l'ONG A.G.E.D (Association pour la Gestion de l'Environnement et le Développement), de m'avoir donné l'opportunité d'accomplir mon stage au sein de sa structure.

J'adresse mes vifs remerciements à mon encadreur, Dr. Abdoulaye DIARRA responsable de la filière Environnement au 2IE. Il n'a ménagé aucun effort ni son temps pour m'orienter et me faire part de ses remarques constructives afin de mener à bien ce projet.

Je le remercie très sincèrement pour la confiance qu'il m'a accordée dès le début de mon stage.

Je remercie également Mon maître de stage Monsieur Alain TRAORE, chargé de programme à l'A.G.E.D, qui a mis à ma disposition des documents importants pour l'atteinte de mes objectifs.

Je désire également remercier Monsieur Assane BOKOUM, Responsable A.G.E.D Dori pour son soutien à tous les niveaux.

Je suis particulièrement reconnaissant envers Mme Hamsatou DICKO, responsable A.G.E.D Gorom-Gorom, pour ses conseils et orientations dans l'exécution de mon travail.

Je ne saurais oublier Messieurs SANDY et Ould SYDI pour m'avoir servi de guides et traducteurs

Merci à l'ensemble du personnel de l'A.G.E.D.

## **RESUME**

Le fleuve Béli, les mares de Kouna et de Beldiabé sont des points d'eau indispensables dont dépendent des populations rurales en forte croissance et de nombreuses espèces animales. Depuis quelques années, les sécheresses régulières, la dégradation de la couverture végétale couplée à la pression démographique, ont donné lieu à des changements sévères des paramètres environnementaux des bassins versant de ces trois plans d'eau.

L'analyse diagnostique de ces zones humides vise le recensement et l'évaluation des causes, manifestations et conséquences des maux qui les minent afin d'en dégager des solutions d'aménagement et de gestion dans un souci de développement durable.

Les travaux menés sur le terrain ont mis en évidence des dépôts importants de sédiments transportés par le phénomène d'érosion depuis les bassins versants dans le lit de ces plans d'eau, la perte des fonctions vitales de ces derniers et la fragilisation des conditions socio-économiques des populations.

Des actions de restauration et de préservation formulées sous forme de projets ont été proposées puis évaluées aussi bien financièrement qu'en termes de bénéfices générées sur l'écosystème et les populations. Le plan d'actions d'un coût global de 685 462 140 F CFA s'étend sur une période de trois ans.

Mots clés :

- Pression démographique
- sécheresse
- Couvert végétal
- Erosion
- Bassin versant

## **ABSTRAC**

Béli's river and the ponds of Kouna and Beldiabé are essential stretches of water for rural populations and many animals' species. Since a few years, the successive dryness, the destruction of vegetation combined to population growth, has provoked serious alterations of environmental parameters of area slope of these three water resources.

The diagnostic study of these ecosystems aims to count and assess the causes, symptoms and consequences of the problems which affect them in order to propose efficient solutions for sustainable development.

The activities done have showed the dumping of important quantities of sediments, from area slope, carried by erosion toward these superficial waters, the loosing of vital functions of them and the weakening of socio-economical situations of the people.

We have suggested projects to restore and manage Béli's river and the ponds of Kouna and Beldiabé. The financial costs, the ecological and social advantages of these projects were evaluated.

The entire actions which costs 685 462 140 F CFA requires three years to be finished.

Key words:

- Stretches water
- dryness
- Vegetation destruction
- Erosion
- Area slope

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

**2IE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

**A.G.E.D**: Association pour la Gestion de l'Environnement et le Développement

**AEP** : Adduction d'Eau Potable

**APD** : Avant Projet Détaillé

**CLE** : Comité Local de l'Eau

**CVD**: Comité Villageoise de Développement

**ETM** : Evapotranspiration Maximale

**ETP**: Evapotranspiration Potentielle

**GIRE** : Gestion Intégrée des Ressources en Eau

**GPS**: Global Positioning System

**INSD** : Institut National de la Statistique et de la Démographie

**ONG**: Organisation Non Gouvernementale

**PAGIRE** : Plan d'application pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau

**PANA**: Programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques

**PCD**: Plan Communal de Développement

**PMH** : Pompe à Motricité Humaine

**RGPH**: Recensement Général de la Population et de l'Habitât

**SRAT** : Schéma Régional d'Aménagement du Territoire du sahel

**RNA** : Régénération Naturelle Assistée

## TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT.....	v
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vi
TABLE DES MATIERES.....	vii-viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES ET GRAPHIQUES.....	x-xi
INTRODUCTION.....	1
I.    CADRE THEORIQUE ET CONCEPTUEL DE L'ETUDE.....	3
A.    Problématique et conceptualisation du thème.....	3
1.    Problématique.....	3
2.    Conceptualisation du thème.....	6
3.    Objections de l'étude .....	6
a.    Objectif global.....	6
b.    Objectifs spécifiques.....	6
4.    Hypothèses de l'étude.....	7
II.    CARACTERISATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DES TROIS PLANS D'EAU.....	8
A.    La province de l'Oudalan.....	8
B.    Le Béli et les mares de Kouna et de Beldiabé.....	9
1.    Localisation et accessibilité.....	9
2.    Le milieu physique.....	10
a.    Le climat.....	10
b.    Unités pédologiques et géo-morphologiques.....	11
c.    Le couvert végétal.....	13
3.    Les ressources en eau.....	14
4.    La spécificité des bassins versants .....	14
a.    Le bassin versant du fleuve Béli.....	14
b.    Le bassin versant de la mare de Beldiabé.....	15
c.    Le bassin de la mare de Kouna.....	15
5.    Le milieu humain.....	15
a.    La population.....	15
b.    Les activités économiques.....	17
III.    MATERIEL ET METHODES.....	19
A.    Etape préliminaire.....	19
1.    Le cadrage.....	19
2.    Consultation bibliographique.....	19
3.    Elaboration et acquisition des outils de collecte des données.....	19
4.    Echantillonnage de la zone d'étude.....	20
B.    Etape de collecte des données.....	21
1.    Observations et prospections.....	21
2.    Enquête de ménages.....	22
3.    Entretien.....	22
C.    Etape de traitement des données.....	22
1.    Analyse statistique des résultats d'enquête.....	22
2.    Analyse des fiches « Qualphy », de prospection de mare et de relevé GPS .....	22
3.    Cartographie.....	23
4.    Méthodes de détermination des caractéristiques des bassins versants.....	23
5.    Méthodes d'évaluation des phénomènes de dégradation et de perturbation.....	23
6.    Méthodes d'estimation des besoins en eau.....	25

7. Méthode d'analyse multicritère et hiérarchisation des actions d'aménagement et de gestion à mener.....	27
IV. Résultats et analyse du diagnostic.....	29
A. Analyse et interprétation des résultats des enquêtes.....	29
B. Caractéristiques hydromorphologiques du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé.....	40
1. Le fleuve Béli.....	40
a. Repérage du site, conditions et type de rivière.....	40
b. Le lit majeur.....	41
c. Berges.....	42
d. Etat du lit mineur.....	42
2. La mare de Beldiabé.....	44
3. La mare de Kouna.....	46
C. Caractéristiques des bassins versants.....	51
D. Etude des phénomènes de dégradations des plans d'eau.....	51
1. L'érosion.....	51
2. Le degré d'envasement/comblement.....	52
3. Etudes des crues.....	53
a. Le volume d'eau ruisselé.....	53
E. Analyse et interprétation des besoins en eau.....	53
1. Besoins journalier des hommes.....	53
2. Besoins journaliers des animaux.....	54
3. Besoins en eau mensuels liés au maraîchage.....	54
4. Besoin en eau total mensuel de chaque localité.....	54
V. Aménagement et gestion participative du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé.....	56
A. Les aménagements hydro-agricoles.....	56
1. Les aménagements hydrauliques et de conservation des eaux et des sols.....	56
a. Les luttes antiérosives.....	56
b. Surcreusement et imperméabilisation des plans d'eau.....	58
c. Dispositif de restauration des berges.....	59
d. Dispositif d'évacuation des crues (digue).....	59
2. Les aménagements agricoles.....	60
a. Pour l'agriculture.....	60
b. Pour l'élevage.....	60
3. Les aménagements d'AEP.....	62
B. Proposition de mode de gestion des trois plans d'eau ainsi que de leurs ressources connexes.....	63
1. Mise en place de structures locales de gestion des ressources de chaque zone humide.....	63
2. Sensibilisation et communication.....	64
3. Formation des différents usagers.....	64
C. Evaluation financière.....	65
D. Matrice d'hiérarchisation des actions à mener.....	66
1. Scores standardisés avant classement.....	66
2. Plan d'actions d'aménagement et de gestion des plans d'eau.....	66
Conclusion.....	68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	69
ANNEXES.....	I
Annexe1 Données climatique.....	I
Annexes 2: Cadre logique.....	IV
Annexe3: Fiches (« Qualphy », prospection mare, enquête et entretien).....	VI
Annexe 4 : Quelques photos d'entretien et d'enquête.....	XXVII
Annexe 5 : Détermination de P <sub>10</sub> .....	XXIX
Annexe 6 : Différentes valeurs de Kc et de ETM selon la plante.....	XXX
Annexe 7 : Evolution de la population aviaire des mares de Kouna et de Beldiabé de 2000 à 2003.....	XXXII

Annexe 8 : Techniques d'aménagement.....XXXIII

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I : Données démographiques des populations des localités de Kouna, Beldiabé et Tin-Akoff.....	16
Tableau II : Répartition des ménages par quartier.....	21
Tableau III : Caractéristiques des bassins versants.....	23
Tableau IV : Différentes approches de calcul du degré de comblement et des crues.....	24
Tableau V : Estimation des Kr10 selon les types de sol du bassin versant.....	24
Tableau VI : Besoin en eau.....	25
Tableau VII : Proportion des solutions proposées par les ménages selon les localités.....	39
Tableau VIII : Etat des plans d'eau.....	49
Tableau IX : Analyse des problèmes des trois plans .....	50
Tableau X : Caractéristiques des bassins versant.....	51
Tableau XI : valeurs de h et r.....	52
Tableau XII : Dégradation spécifique annuelle des bassins versant par l'érosion hydrique.....	52
Tableau XIII : Volume annuel de dépôt de sédiments dans les plans d'eau.....	52
Tableau XIV : valeurs des différents paramètres pour l'étude des crues.....	53
Tableau XV : Besoin en eau superficielle des hommes.....	53
Tableau XVI : Besoins journaliers des animaux.....	54
Tableau XVII : Besoin en eau mensuel du maraîchage.....	54
Tableau XVIII : Besoin en eau total mensuel de chaque localité.....	55
Tableau XIX: Evaluation financière des investissements.....	65
Tableau XX : scores standardisés avant classement.....	66
Tableau XXI : Plan d'actions.....	67

## **LISTE DES GRAPHIQUES**

Graphe 1 : Proportion des ménages enquêtés par statut et langue.....	29
Graphe 2 : Nombre moyen de personnes par ménage et répartition de celles-ci par tranche d'âge.....	30
Graphe 3 : configuration des activités économiques des ménages enquêtés .....	31
Graphe 4 : Répartition du type cultural et de la zone d'implantation des cultures des ménages enquêtés.....	32
Graphe 5 : Perception des ménages sur la capacité du pâturage des plans d'eau à satisfaire les besoins alimentaires de leurs animaux .....	33
Graphe 6 : Avis des ménages sur l'utilisation ménagère du plan d'eau et le nombre moyen de fûts de 20 l d'eau prélevée.....	34
Graphe 7 : Perception des ménages sur la qualité des eaux superficielles, de l'état global ainsi que le pâturage des plans d'eau.....	35
Graphe 8 : Manifestation de la dégradation des points d'eau selon les ménages enquêtés.....	36
Graphe 9 : Avis des ménages sur les causes de la dégradation des plans d'eau.....	37

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Carte de situation des plans d'eau.....	10
Figure 2 : Carte des types de sol.....	12
Figure 3 : Carte de la végétation de la zone.....	13
Figure 4 : Piétinement d'animaux.....	43
Figure 5 : Algue filamenteuse.....	43
Figure 6 : Fabrication de parpaings au niveau des berges.....	43
Figure 7 : Assèchement du fleuve .....	43
Figure 8 : Erosion hydrique des berges.....	43
Figure 9 : Arbre mort.....	43
Figure 10 : Fond vaseux du lit.....	43
Figure 11 : Champ de mil et de sorgho .....	43
Figure 12 : Berges et fond sableux de kory.....	45
Figure 13 : Banc de sable du bassin versant.....	45
Figure 14 : Nénuphars.....	46
Figure 15 : Coupe de bois.....	46
Figure 16 : Rupture de digue.....	48
Figure 17 : amas de déjection animale près des berges.....	48
Figure 18 : Puisard dans le lit mineur asséché.....	48
Figure 19 : Arbre brûlé pour du charbon.....	48
Figure 20 : Exemple de structure de puits moderne à trou de grand diamètre .....	61
Figure 21 : Voie d'accès à l'eau de bétail.....	62



## **INTRODUCTION**

Le Burkina Faso, avec une superficie de 274 200 km<sup>2</sup> avait une population de 11 849 520 habitants en 2005 (INSD, 2005). Une frange partie de son territoire se trouve dans le Sahel, particulièrement caractérisé par son aridité et sa forte sensibilité face à toutes modifications climatiques et environnementales (PANA, 2007). RODIER (1975) le définit aussi comme une région caractérisée par la dégradation hydrologique, conséquence du déficit pluviométrique et de faibles pentes. Les limites hydrologiques du Sahel correspondent environ aux isohyètes 300 et 700 mm.

La province de l'Oudalan comme la plupart des régions sahéliennes d'Afrique est une zone où le problème de l'eau se pose avec acuité. Cependant grâce à sa conformation géomorphologique, elle est dotée d'un réseau hydrographique dense composé notamment de mares et de fleuves utilisés par les populations à des fins essentiellement agropastorales et dans un degré moindre pour les activités culturelles et de pêche. Ces points d'eau constituent ainsi donc des ressources hydriques d'une grande importance pour cette province vu que ce sont les seules sources d'eau superficielle disponibles au cours de l'année.

Ces dernières années, une baisse générale des précipitations, la dégradation de la couverture végétale et des sécheresses persistantes, ont changé de manière drastique les conditions environnementales des bassins versants de ces plans d'eau. L'envasement de ceux-ci, la pression démographique des populations riveraines constituent autant de menaces pour l'équilibre socio-économique de la région.

Mue à la fois par la signature de conventions internationales et par l'adoption en 2001 de la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau (GIRE), les autorités burkinabé ont essayé à plusieurs reprises, de lancer des projets de restauration de cette importante ressource, mais toutes ces actions n'ont pas produit des résultats probants du fait de la non prise en compte des problèmes dans leur globalité et du poids des investissements nécessaires.

Bien que plusieurs institutions d'aide internationale manifestent leur intérêt de financer des projets de gestion des ressources en eau des pays affectés par la sécheresse, les connaissances limitées sur ce potentiel freinent de telles initiatives.

C'est pourquoi l'étude diagnostique suivie de plan d'aménagement et de gestion du Béli et des mares étudiées reste indispensable.

L'objectif donc de travail est de faire un état des lieux succinct de ces plans d'eau afin d'en dégager les maux qui minent leur santé physique et partant de là de proposer des solutions adaptées et durables de leur restauration et de leur préservation.

De façon pratique, il s'agira d'effectuer des visites prospectives, des enquêtes et entretiens avec les populations de ces zones et enfin de tirer des renseignements des documents techniques et des photographies satellites.

Outre l'introduction et le cadre conceptuel et théorique, ce rapport comprendra d'un côté, une partie retraçant les caractéristiques de la zone géographique d'étude avec un aperçu général de la province de l'Oudalan et des données sur l'environnement immédiat des points d'eau.

Dans un second temps, une séquence consacrée aux méthodes qui retracent le déroulement du travail. Ensuite viennent les résultats et analyses suivis de la séquence consacrée aux propositions d'aménagement et de gestion.

Enfin, une conclusion pour parachever l'œuvre.

## **I. CADRE THEORIQUE ET CONCEPTUEL DE L'ETUDE**

### **A. Problématique et conceptualisation du thème**

#### **1. problématique**

La province de l'Oudalan est située à l'extrême nord de la région du sahel Burkinabé entre 13° et 15°10' de latitude nord et entre 2°05' de longitude ouest et 1°17' de longitude est. Elle couvre une superficie de 9931 km<sup>2</sup>.

Soumis à un environnement défavorable, l'Oudalan est classée parmi les provinces les moins avancées du Burkina Faso avec un indice de développement humain estimé à 0.259 en 2001, légèrement en dessous de la moyenne nationale (**SRAT, 2002**).

La province de l'Oudalan qui compte cinq communes notamment Markoye, Tin-Akoff, Gorom-Gorom, Oursi et Déou, a une population essentiellement rurale estimée à environ 195964 (RGPH 2006). L'élevage dont le cheptel composé de plus de 965000 têtes (toutes espèces confondues) et l'agriculture sont les activités prépondérantes.

Son climat est caractérisé par une longue saison sèche suivie d'une brève saison de pluie, des températures avec des amplitudes saisonnière et diurne très importantes et une extrême siccité de l'air en saison sèche.

Le sahel voltaïque et plus particulièrement la province de l'Oudalan est une zone où le problème de l'eau se pose avec acuité. Les plans d'eau y sont cependant nombreux dont les mares pérennes qui se forment dans des dépressions dunaires (**SRAT, 2002**).

Situés dans le bassin versant du Béli qui couvre une superficie totale de 15170 km<sup>2</sup>, le fleuve Béli et les mares de Kouna et de Beldiabé constitue des sources d'eau douce vitales pour les hommes et les animaux.

Ces plans d'eau assurent plusieurs fonctions :

- Ecologiques : réserve faunique avec des mammifères tels que les phacochères, les gazelles, les hyènes et une diversité appréciable d'oiseaux aussi bien autochtones que paléarctiques, réserves botaniques avec des espèces comme le *Panicum laetum*, *Panicum anabaptistum*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia raddiana*;
- Agropastorales : abreuvements des animaux et zone excellente de pâturage à cause de l'importante « bourgoutière » (*Vossia cuspidata*, *Oryza longistaminata*...) qui s'y développe ;
- Culturelles : pratique du maraîchage ;
- Alimentation et usage domestique: pêche, cueillette de bulbes et de nénuphar, eau de boisson, lessive, vaisselle... ;

- Transport: navigation (fleuve Béli) ;
- Climatique : entretien d'un microclimat ;
- Patrimoine : tourisme, chasse autorisée, baignade ;
- Social : sédentarisation des populations et accroissement des revenus par l'intensification des activités....

Avec la baisse généralisée des précipitations de ces dernières années, l'érosion des terres et l'augmentation des zones dénudées liées à la désertification en région sahélienne, la végétation de ces zones court le risque de dégradation rapide du fait de la surexploitation.

L'accroissement et la sédentarisation des populations induisent une forte pression sur les ressources naturelles du fait de leur surexploitation (**Projet de communication participative PCP, 2009**).

Cette région, jadis zone de chasse de prédilection grâce à la variété d'animaux, voit maintenant cette faune diminuer en raison du braconnage anarchique qui y a été pratiqué. Les animaux sauvages sont décimés ou sont allés chercher refuge dans les pays voisins (**Projet de communication participative PCP, 2009**)

Situés en hauteur, les champs occupaient traditionnellement les dunes. Mais, en raison des multiples sécheresses, ils se retrouvent de plus en plus sur les berges. Quant aux pâturages, ils vont des dunes aux berges du fleuve, selon les saisons.

Ces plans d'eau déjà avec leur faible profondeur voient leur capacité de stockage se réduire considérablement du fait de l'érosion éolienne et hydrique.

La combinaison de tous ces facteurs contribue fortement à fragiliser l'équilibre écologique et hydrologique de ces ressources en eau qui perdent de plus en plus leurs fonctions au détriment des populations et des animaux.

Conscient de cette situation le gouvernement Burkinabé aidé par des organismes intervenant dans les domaines de la protection et de la valorisation de l'environnement s'est engagé dans de nombreux programmes d'aménagement et de gestion intégrée de ses ressources en eau ainsi que de leurs bassins.

En effet, après avoir ratifié de nombreuses conventions internationales notamment la Convention Africaine pour la Conservation de la Nature et des Ressources Naturelles signée à Alger le 15 septembre 1968, la Convention de Ramsar du 02 février 1971 relative aux zones humides d'importance internationale, la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC), entrée en vigueur le 21 mars 1994, la Convention de Paris du 17 juin 1994 sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par

la sécheresse et ou la désertification...le Burkina Faso s'est défini de grandes orientations en matière d'eau inscrites dans la Lettre de Politique de Développement Humain Durable (LPDHD). De celles-ci découle la Politique Nationale de l'Eau qui vise à relever le niveau de vie des populations et du potentiel productif afin de permettre à chaque burkinabé d'accéder à la sécurité économique et la sécurité individuelle et politique.

La loi n° 002.2001 AN du 08 février 2001 portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau a été promulguée par décret n°2001-126 PRES du 03 avril 2001. Cette loi marque le tournant dans l'évolution du droit en ouvrant la voie en particulier à la gestion intégrée des ressources en eau au Burkina Faso (GIRE) à travers des dispositions relatives à l'administration de l'eau, aux régimes de l'eau et des services publics, au financement du secteur de l'eau. Sa mise en œuvre est rendue possible par le Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des ressources en Eau (PAGIRE) dont le décret n°2003-220/PRES/PM/MAHRH portant approbation date du 06 mai 2003.

En outre plusieurs études ponctuelles et régionales ont été menées sur le réseau hydrographique de la région du sahel.

On peut citer les travaux de :

- J. CLAUDE (1983) qui concernaient l'aménagement de quatre mares temporaires de la province de l'Oudalan comme point d'abreuvement de saison sèche au sahel voltaïque dans le cadre d'un projet de développement de l'élevage dans l'ORD du sahel.
- L. OUEDRAOGO, R. OUEDRAOGO et *al* (2003) sur l'aménagement et la gestion durable de la mare d'Oursi qui connaît des problèmes similaires aux points d'eau étudiés.
- Edouard BUZINGO (1993) qui a effectué l'inventaire des barrages, des retenues d'eau, des terres irrigables, des bas-fonds, des périmètres maraîchers du sahel Burkinabé (Oudalan, Séno et Soum)...

Plusieurs projets tels que le Projet de Lutte Contre l'Ensamblage dans le Bassin Versant du Niger (PLCE), le Projet de Développement de l'Elevage dans la Région du Liptako-Gurma (PDELG), le projet de réalisation de retenue d'eau à Beldiabé, le projet de construction d'un barrage sur le fleuve Béli...exécutés ou en cours d'exécution sont autant d'actions qui traduisent la volonté de l'Etat à œuvrer dans le sens de l'aménagement et de la gestion des ressources en eau de cette région.

Bien que toutes ces initiatives aient été menées, il n'en demeure pas moins qu'on assiste dangereusement à la perte des fonctions des ressources hydriques de la province.

L'initiative de l'ONG AGED à travers cette étude diagnostique suivi de proposition d'aménagement et de gestion du fleuve Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé s'inscrit à la fois dans les politiques susmentionnées et dans une prise en compte globale des problèmes de leur bassin versant pour en proposer des solutions plus durables.

## **2. Conceptualisation du thème**

Le terme « diagnostic » signifie l'évaluation, le jugement d'une situation problématique par l'analyse de diverses données. Il vient du mot grec « diagnosis » (connaissance) qui se rapporte à un raisonnement menant à l'identification de la cause d'une défaillance, d'un problème, d'une maladie.

Quant au mot « aménagement » il indique l'ensemble des menus changements apportés (à une situation, un domaine) pour améliorer ; on parle souvent d'aménagement du territoire.

Enfin le terme « gestion » désigne une organisation fonctionnelle et un contrôle.

Pris sous cet angle, le sujet « l'analyse diagnostique et aménagement de trois points d'eau (le fleuve Béli, les mares de Kouna et de Beldiabé) dans la province de l'Oudalan » se rapporte à un état des lieux objectif de l'état physique et écologique de ces points d'eau aux fins de proposer un schéma de restauration, de préservation et de valorisation de ceux-ci pour le bien-être des populations en respect de l'équilibre de l'écosystème de ces milieux.

## **3. Objections de l'étude**

### **a. Objectif global**

L'objectif global de l'intervention est de réaliser une étude environnementale et technique mettant en relief les maux qui minent le Béli et les mares de Kouna et de Beldiabé puis de proposer un plan d'actions de réhabilitation et de gestion de ceux-ci dans un double souci de bien-être des populations et d'équilibre écologique. Ce rapport sera utilisé pour l'élaboration d'un document-projet qui servira de base pour un financement auprès de bailleurs de fonds.

### **b. Objectifs spécifiques**

- Description des caractéristiques du cadre géographique de l'étude. Cela passe par la présentation de la province de l'Oudalan et de la description du profil et des dimensions spatiales de ces ressources en eau
- Evaluer la qualité physique et écologique de ces trois plans d'eau

- Concevoir des solutions adaptées et durables aux regards des problèmes soulevés
- Proposer un mode de gestion participatif qui tienne compte de l'ensemble des usagers

#### **4. Hypothèses de l'étude**

- Les caractéristiques physiques et humaines de la zone du fleuve Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé influencent la dynamique et l'état de santé de ces plans d'eau.
- Ces ressources en eau sont dans un mauvais état physique et écologique.
- Il existe des solutions d'aménagement et de gestion participative pour faire retrouver à ces milieux leur équilibre.

## **II. CARACTERISATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DES TROIS PLANS D'EAU**

### **A. La province de l'Oudalan**

La province de l'Oudalan est située à l'extrême nord de la région du sahel Burkinabé entre 13° et 15°10' de latitude nord et entre 2°05' de longitude ouest et 1°17' de longitude est. Elle couvre une superficie de 9931 km<sup>2</sup>.

Les caractéristiques générales de cette zone sont typiques de la région sahélienne.

La province de l'Oudalan est sous l'influence des oscillations annuelles du Front Inter Tropical ou FIT (Il représente la zone de contact entre l'air sec continental du Nord-est et l'air humide de la mousson du sud-ouest) (*AGED, SNV, 2010*).

Son passage au Nord et son retour au Sud est irrégulier (interannuel et spatial), déterminant ainsi deux saisons : une longue saison sèche durant de 8 à 10 mois, suivie d'une courte saison des pluies marquée par un changement brusque de paysage. Ces pluies ont un caractère orageux très prononcé et une répartition spatiale très hétérogène.

Les mesures de température, d'humidité, de vitesse et direction des vents et d'évapotranspiration confirment l'aridité du climat.

L'étude des moyennes interannuelles des précipitations mensuelles et annuelles mettent en évidence une variation des précipitations. Deux périodes peuvent ainsi être distinguées :

- une période fortement déficitaire (années 83 et 87): années de sécheresse qui ont entraîné une crise écologique
- une période avec une pluviométrie supérieure à la normale : années 76 à 78 ; 86 ; 89 ; 91 (J. CLAUDE et *al*, (1993))

Dans l'ensemble, une baisse générale de la pluviosité annuelle est observée depuis 1982. Des auteurs (Claude J., Rodier J. A.) admettent une évolution vers l'aridification avec un allongement de la saison sèche et une diminution de la disponibilité en eau pour les végétaux.

La spécificité hydrodynamique est marquée par quatre grandes familles de paysages : le système dunaire, les talwegs et dépressions, les reliefs et buttes, les grands glacis qui reposent sur un socle précambrien.

On y rencontre un réseau hydrologique très varié et composé de fleuves, mares, boulis...caractérisés par la faiblesse des pentes d'écoulement, la brièveté de la période d'écoulement et l'importance de l'évaporation.

La végétation se classe en steppes arborée et arbustive, fourrés tigrés ou brousses tigrées, forêt galerie et formation de marigot et steppe herbacées.

La province de l'Oudalan qui compte cinq communes notamment Markoye, Tin-Akoff, Gorom-Gorom, Oursi et Déou, a une population essentiellement rurale estimée à environ 195964 habitants (composés de Kel-Tamasheq, de Peuhls et de Songhaï). (RGPH 2006). L'élevage dont le cheptel composé de plus de 965000 têtes (toutes espèces confondues) et l'agriculture sont les activités majeures.

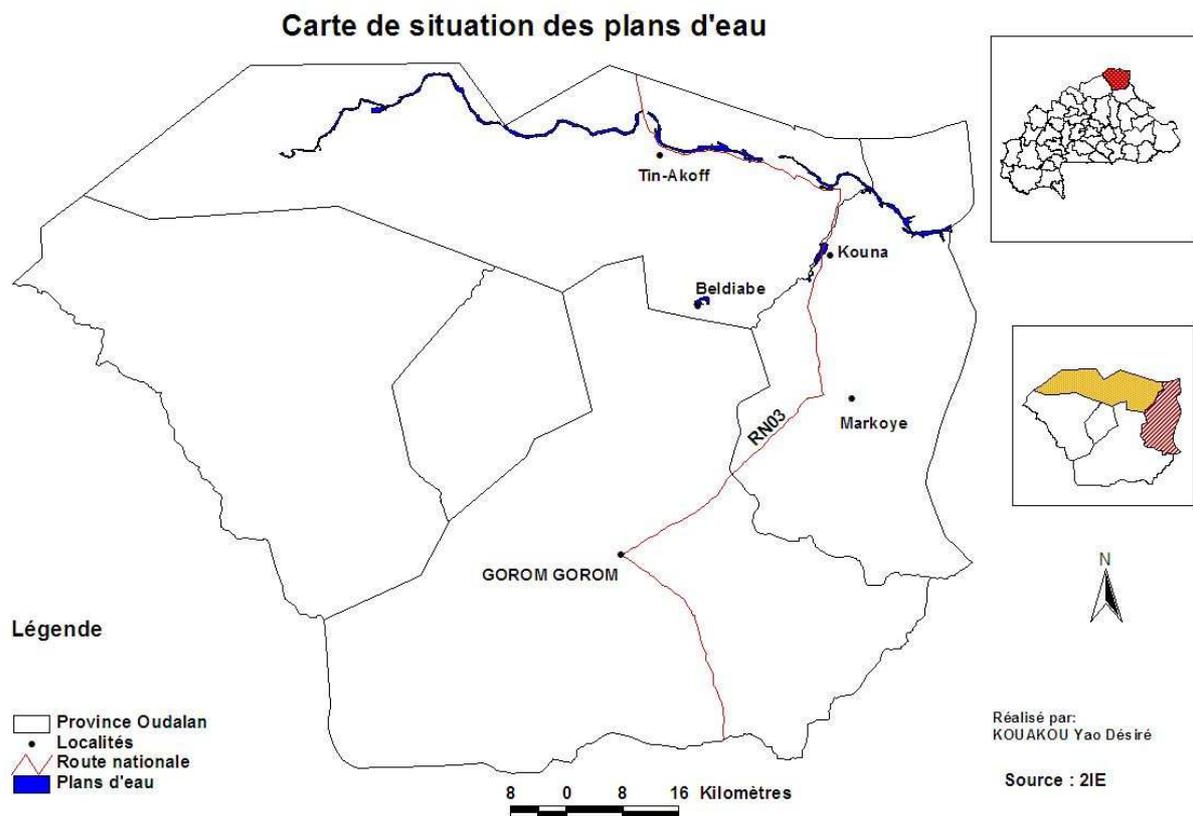
## **B. Le Béli et les mares de Kouna et de Beldiabé**

### **1. Localisation et accessibilité**

Le fleuve Béli se trouve dans la commune de Tin-Akoff à environ 10 km de la frontière Malienne et 75 km de Gorom-Gorom. Il a pour coordonnées géographiques latitude 14°96'Nord et longitude 0°13'Ouest. Son accessibilité est assurée par une route départementale non bitumée mais reprofilée.

La mare de Beldiabé doit son nom à la localité de Beldiabé qui est située dans la commune de Tin-Akoff. Elle est distante de 50 km du chef lieu de province et à environ 25 km du fleuve susmentionné. Ses coordonnées sont : 14°76' latitude Nord et 0°13'longitude Ouest. Le ralliement se fait par la même route menant au Béli.

Quant à la mare de Kouna, elle porte le nom d'une des localités de la commune de Markoye. Ce plan d'eau se trouve à 16 km du Mali et à 58 km de Gorom-Gorom. La mare de Kouna se repère à la latitude 14°84'Nord et à la longitude 0°03'Est. On s'y rend par la route nationale 3 (RN3).



**Figure 1 : Carte de situation des plans d'eau de l'étude**

## **2. Le milieu physique**

### **a. Le climat**

Le fleuve Béli et les mares de Kouna et de Beldiabé se trouvent dans une zone soumise aux influences des climats sahéliens et sahélo-sahariens comprenant deux saisons bien distinctes à savoir une longue saison sèche et une brève saison des pluies.

La saison sèche s'étend d'octobre à juin et comporte deux périodes :

- une période sèche et froide qui débute en novembre avec les vents d'harmattan soufflant du nord-est vers le sud-ouest. Le mois le plus froid est celui de décembre avec des minima qui avoisinent 15°C.
- une période sèche et chaude avec des températures maxima de plus de 40°C en avril.

Quant à la saison des pluies ou hivernage, elle va parfois de juin à septembre avec les maxima de précipitations enregistrés en août. Cette zone à l'image de l'ensemble de la région du Sahel fait face à un déficit pluviométrique chronique comparé aux autres zones agro-climatiques où

la pluviométrie fluctue entre 700 et 1 000 mm de pluies par an. (PCD Markoye et Tin-Akoff, 2009)

D'une manière générale, les pluies s'installent relativement tard dans la zone et prennent fin aussi de façon précoce. En plus de la faible pluviométrie, il est donné de constater des températures excessives avec des amplitudes saisonnières et diurnes très importantes.

L'humidité relative est très faible et, compte tenu de la température élevée, l'air ambiant est chaud et sec en même temps.

Tous les facteurs précédents (températures élevées, hydrométrie faible, insolation interne) contribuent à provoquer une évaporation considérable des plans d'eau.

L'annexe 1 présente la situation climatique du milieu de ces dernières années.

### **b. Unités pédologiques et géo-morphologiques**

Du point de vue géologique l'ensemble de la région est essentiellement formé par un socle cristallo-préCambrien (tels les granites schistes et quartzites) recouvert presque entièrement par un manteau sableux plus ou moins épais. Là où le socle affleure, on rencontre des massifs de gabbros, de magnétites, de dolérites... le bassin versant de la mare de Kouna par exemple compte bon nombre de ces formations affleurantes.

Le relief de ces zones peut être découpé en quatre grandes familles de paysage :

- ✓ Le système dunaire : il est composé d'une succession de cordons dunaires alignés de façon remarquable d'Est en Ouest. Ces cordons d'origine éolienne et correspondant à des ergs anciens fixés plus ou moins pédogénéisés, ont totalement perturbé le réseau hydrographique qui alimente la rive droite du Niger. Les principaux collecteurs suivent ces cordons dunaires et sont constitués d'une série de mouilles et de seuils qui communiquent qu'épisodiquement en saison des pluies (c'est le cas typique du fleuve Béli). Mais ces cordons dunaires ont barré la route aux sous-affluents dont la direction d'écoulement est généralement Sud/Nord et ont créé dans les localités de comme Tin-Akoff et Markoye de nombreux bassins endoréiques où les eaux de ruissellement s'accumulent dans des mares pérennes telles que celles étudiées.

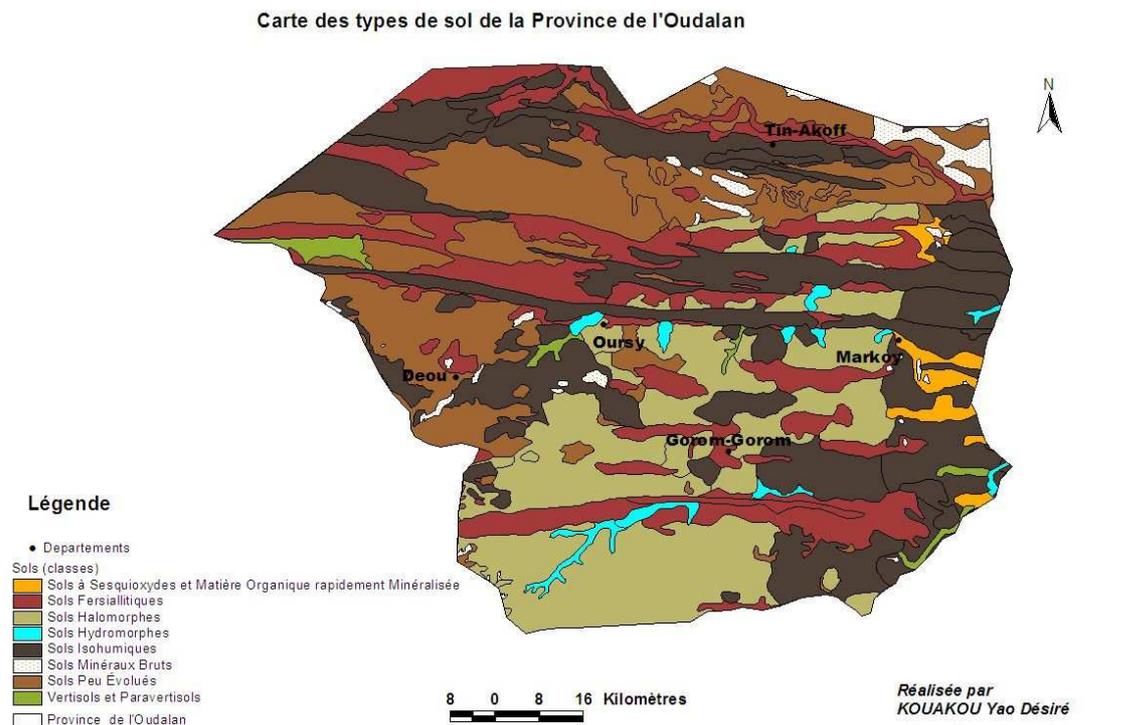
Les sols identifiés comme sols bruns-rouges subarides sur sables éoliens pauvres en argiles et limon ou comme sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité en profondeur sur sable éolien.

- ✓ Les talwegs et dépressions : ils concentrent des écoulements dans un réseau de chenaux désordonnés aux contours érodés. Cette entité est caractérisée par des vertisols et des sols hydromorphes minéraux peu humifères de nature imperméable.

- ✓ Les collines : elles sont issues soit de roches basiques (gabbros, dolérites), soit de roches granitiques, soit de paléosurfaces cuirassées, puis disséquées. Elles encadrent les bassins versants de ces plans d'eau.

Les sols sont identifiés comme sols minéraux bruts non climatiques d'érosion sur cuirasses ferrugineuses et sur roches diverses. Les pentes et piémonts sont soumis à une forte dynamique d'érosion et de ravinement. Le ruissellement y est intense localement et se concentre assez rapidement en ravines dont le développement est modéré par la brièveté des versants.

- ✓ Les grandes zones de glacis : elles constituent une vaste pénéplaine sous substratum magmatique ou granitique et se caractérisent par un ruissellement souvent en nappes sur des aires peu perméables. Les sols sont de type ferrugineux tropical peu lessivés à drainage interne limité en profondeur en association à des sols gravillonnaires et de type bruns subarides vertiques sur matériaux argileux issus de granites ou de roche basique et de granites en association à des sols bruns subarides modaux hydromorphes et localement des sols gravillonnaires.



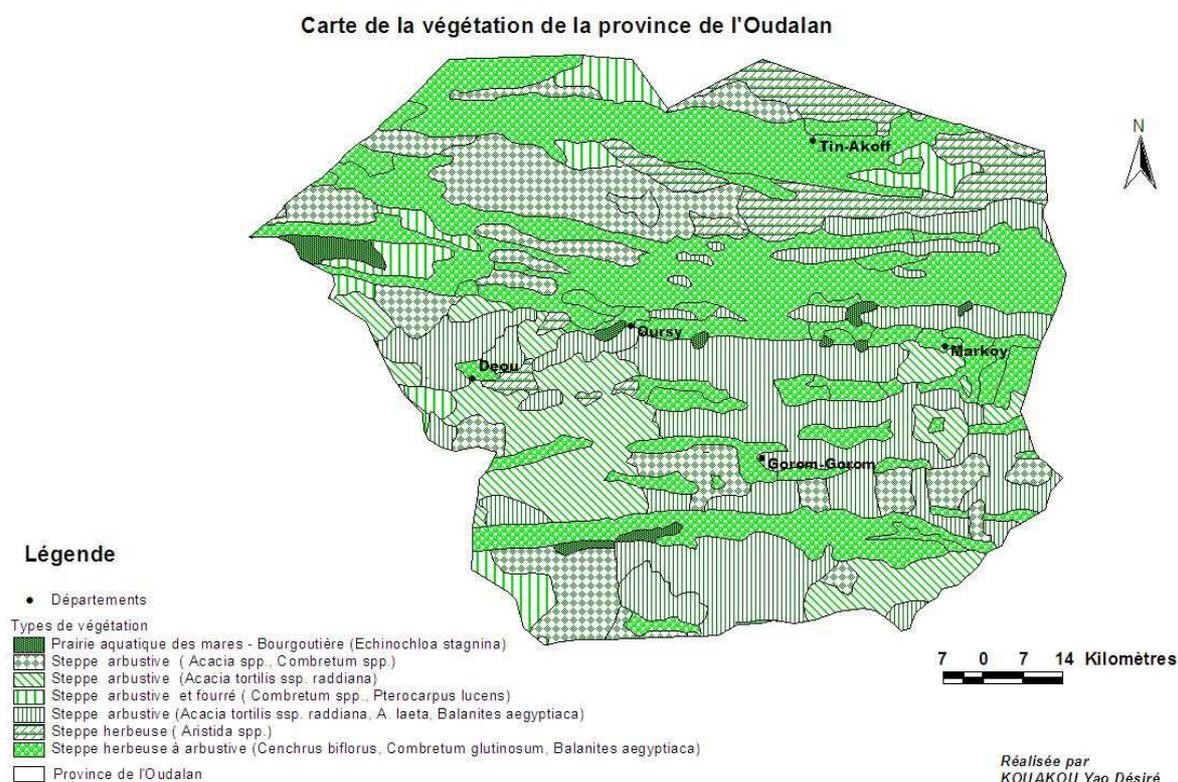
**Figure 2** : Carte des types de sols

**Source** : SIG Burkina/2IE

### c. Le couvert végétal

Le couvert végétal des bassins versant des trois plans est composé de formations végétales représentées par:

- ✓ Les steppes aquatiques des mares (et accessoirement du Béli) constituées d'herbacées appréciées des animaux. A cette strate herbeuse dénommée bourgoutière regroupant les espèces telles *Echinochloa stagnina*, *Vossia cuspidata*, *Panicum subalbidum*, il faut ajouter la cypéracée et les nénuphars aquatiques.
- ✓ Les steppes arbustives qui ceignent ces plans d'eau. Ce sont des ligneux typiques des régions chaudes représentés par *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritiana*.
- ✓ Les steppes herbeuses d'*Aristida spp*, *Andropogon gayanus*, *Panicum laetum*
- ✓ Les steppes herbeuses à arbustives.
- ✓ Les plantes culturales sont réparties en deux types tels les espèces saisonnières (mil, sorgho, haricot : cultivés par les villageois) et les produits de contre saison (aubergine, tomate, salade, carotte...repérés uniquement aux abords du fleuve Béli)



**Figure 3** : Carte de la végétation de la zone d'étude

**Source** : 2IE

### **3. Les ressources en eau**

Du point de vue eau de surface, l'alimentation du Béli et des deux mares est fonction de leur position géographique, de la géomorphologie et des conditions climatiques du milieu.

La collecte des eaux se fait en saison pluvieuse par de nombreux petits ruisseaux et korys (cours d'eau temporaire de type grande ravine, fonctionnant après des pluies importantes au lit divaguant et sujet à une érosion intense de ses berges) partant des flancs de collines et massifs qui ceignent leur bassin versant. Le Béli, jadis cours d'eau permanent est devenu du fait de la sécheresse prononcée un fleuve au régime discontinu. Il est un affluent du Niger.

Les mares de Kouna et de Beldiabé reçoivent directement les eaux de pluies et celles issues des chenaux dendritique issus des reliefs et innervant leur bassin. Ce sont des lacs endoréiques qui tarissent en saison sèche. La mare de Kouna se distingue par ses crues fréquentes et par ses petits îlots végétalisés qui ne sont en fait que des résidus de berges érodées et contournées lors de l'expansion du lit.

Il existe très peu de renseignements sur les nappes d'eau souterraines, cependant les études menées en 1991 sur les retenus et barrages du Burkina Faso par le bureau d'étude WACO, indiquent des niveaux statique de la nappe phréatique allant de 17m, 21m et 20m respectivement pour les zones du Béli, de Beldiabé et de Kouna. Cette profondeur porte à croire que les ressources en eau souterraine n'influencent pas le bilan hydrologique de ces plans d'eau.

L'ensemble des unités pédologiques (voir plus haut) de ces zones humides présent une certaine imperméabilité (sol hydromorphe, sols sur substrat granitique...), donnant lieu à très peu d'infiltration d'eau vers la nappe. En outre certains secteurs du bassin versant constituée d'une texture sableuse, ainsi que les abords immédiats des berges sont des lieux d'infiltration notable.

### **4. La spécificité des bassins versants**

#### **a. Le bassin versant du Béli.**

Le bassin versant du fleuve Béli d'orientation Sud-Nord est un sous-bassin du Niger. Il occupe l'extrême nord de la localité de Tin-Akoff. La spécificité géomorphologique de ce bassin versant est surtout liée à sa grande extension et à sa proximité par rapport aux habitations. Il s'étend sur une superficie d'environ 15170 km<sup>2</sup>. Ce bassin est relativement anthropisé du côté des zones habitées (routes, infrastructures...) et est innervé par de nombreux chenaux (ravins et petits ruisseaux...) qui dévalent des massifs rocheux et collines.

## **b. Le bassin versant de la mare de Beldiabé**

Situé au Nord à 40 km de Gorom-Gorom, le bassin versant de la mare de Beldiabé est un sous bassin du Béli. En effet il s'est formé suite à l'individualisation du grand bassin Béli sous l'effet des cordons dunaires qui ont engendré cette mare endoréique. Il a une superficie de 26.04 km<sup>2</sup>. Ce petit bassin déjà difficile à délimiter évolue en fonction des saisons ou d'une crue à une autre. Il se trouve dans un milieu naturel très peu modifié avec une chaîne de colline du côté nord, un système dunaire vers le Sud-est et ces korys qui drainent les eaux de pluie vers la mare.

## **c. Le bassin de la mare de Kouna**

Juxtaposé du côté Est du bassin du Béli, le bassin versant de la mare de Kouna est un sous bassin du Béli. Sa superficie est de 157.05 Km<sup>2</sup>. Hormis le fait qu'il soit mieux fourni en reliefs, il présente des traits caractéristiques très similaires à ceux du bassin de la mare de Beldiabé. Le degré d'anthropisation est relativement faible (il est traversé par la RN3).

# **5. Le milieu humain**

## **a. La population**

Il est difficile de quantifier exactement les populations et villages qui utilisent ces points d'eau vu le degré de nomadisme et de transhumance très important dans la région.

Cependant l'estimation s'est faite sur la base des villages (ainsi que leurs quartiers) les plus proches de ces ressources dans un rayon d'environ 5 à 10 km.

Le fleuve Béli revêt un caractère particulier du fait de sa longueur et de sa position géographique. Notre travail selon les termes de référence s'est porté en ce qui concerne ce cours d'eau sur un secteur de 5 km de long en partant du chef lieu de commune (Tin-Akoff) vers l'Est. Ce choix non fortuit s'est appuyé sur deux aspects notamment la densité de la population en cette partie du fleuve et partant de là leurs impacts sur celui-ci, le second aspect concerne le degré de dégradation de cette portion au regard de tout l'ensemble.

Les localités de Tin-Akoff, de Beldiabé et de Kouna comptaient respectivement selon le recensement général de 2004 de 1797, 2219 et 385 avec des taux de croissance de 3.11% pour les deux premières localités et de 5% pour Kouna. Sur cette base la population en 2010 a été estimée (PCD, Markoye, PCD Tin-Akoff, 2009).

Chaque ménage est composé de façon globale dans la province d'environ 6 personnes.

Le tableau suivant présente la répartition de la population en fonction des localités de chaque point d'eau.

**Tableau I : Données démographiques des populations des localités de Kouna, Beldiabé et Tin-Akoff**

Point d'eau	Localités	Nombre de sous quartiers	Population en (2004)	Taux de croissance (%)	Population (2010)	Nombre de ménages
<b>Fleuve Béli</b>	Tin-Akoff	4	1797	3.11	2160	360
<b>Mare de Beldiabé</b>	Beldiabé	7	2218	3.11	2665	444
<b>Mare de Kouna</b>	Kouna	7	385	5	516	86
<b>Totaux</b>		18	4400		5343	890

**Source : PCD Tin-Akoff, 2009 ; PCD Markoye, 2009 ; Enquête de terrain, avril 2011**

Du point de vue ethnique, les populations habitants ces zones sont en majorités des Kel-Tamasheqs (Touarègues et Bellas) et en minorité des peuhls qui sont des éleveurs nomades provenant d'autres provinces.

Les mouvements des populations sont généralement liés aux activités et aux saisons.

L'émigration dans ces localités est le fait des départs de populations vers les grands centres urbains du Burkina Faso (Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Dori et Gorom-Gorom) et vers l'extérieur notamment la Côte d'Ivoire et l'Arabie Saoudite. Il s'agit surtout de jeunes de moins de 25 ans qui vont à la recherche d'emplois salariés et de meilleures conditions économiques. La migration vers la Côte d'Ivoire avait commencé à prendre plus d'ampleur mais s'est estompée depuis les années 2000 avec la crise socio-politique et économique qu'a connu ce pays.

De nos jours, elle a repris mais concerne surtout les migrants de retour qui étaient revenus s'installer dans leurs villages à la faveur de la crise. S'il est vrai que cette migration exerce une ponction sur la main d'œuvre locale, elle constitue en retour une source de rapatriement de fonds pour les familles restées au village.

Les communes de Tin-Akoff et de Kouna sont une zone de convergence de nombreuses populations en provenance d'autres régions du pays et du Mali.

Celles-ci viennent s'installer pour le plus souvent la pratique de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et l'immigration se fait selon différentes formes. Pour une part, il s'agit de familles venant s'installer dans les villages et qui y résident. Pour les autres, les familles viennent à l'approche de l'hivernage et aux lendemains des récoltes retournent à leurs lieux de départ avec les récoltes. Ces exploitants connaissent et respectent très peu les règles d'exploitation en vigueur dans les villages. Cette situation contribue à la dégradation de la végétation. En plus de ces phénomènes migratoires, existe la transhumance des pasteurs des différents villages de la commune conduisant leurs troupeaux à l'intérieur de la commune. Cette transhumance est à l'origine de conflits entre agriculteurs et éleveurs causés par la destruction des champs par les animaux.

### **b. Les activités économiques**

A l'image de l'ensemble de la région du sahel, les localités concernées par le fleuve et des mares ont des populations qui s'adonnent essentiellement à l'élevage et l'agriculture qui occupent à eux seuls plus 90 % de la population. A cela il faut ajouter la pêche, la chasse, le commerce et l'artisanat.

L'agriculture se distingue en cultures pluviales représentées par le mil, le sorgho, le maïs et le haricot. Elles occupent pour un village donnée quelques dizaines d'hectares sur les dunes fixées et dans les brousses tigrées. L'accroissement de la population et partant de là l'augmentation des espaces cultivables contribuent doublement à la dégradation de la végétation et des sols. Notons que ces cultures se pratiquent dans toute la province.

L'autre type cultural concerne le maraîchage (culture de contre-saison) avec les spéculations comme l'aubergine, la salade, le chou, la tomate, la carotte. Des trois plans d'eau, seuls les abords du fleuve Béli sont occupés par ces jardins. Les mares de Kouna et de Beldiabé étant à vocation agropastorale essentiellement.

L'élevage est dominé par les petits ruminants composés de bovins, d'ovins et de caprins. Parmi les monogastriques élevés, les asins, les camelins, les équins représentent les principales espèces. Les pasteurs sédentaires, migrants et transhumants partagent les ressources de ces points d'eau et souvent sont amené à effectuer de long parcours vers d'autres régions en cas d'assèchement total des mares.

La pêche s'effectue généralement en période de pleine eau, où les silures sortent d'hivernation, par des migrants qui se regroupent en village de pêcheurs. Le Béli

contrairement aux deux mares contient presque toute l'année une masse d'eau suffisante pour garantir cette activité.

La chasse est soit de type professionnel avec un permis délivré par les autorités compétentes, soit de type braconnage. Les professionnels de la chasse sont généralement des européens, tandis que les braconniers sont des habitants de la province.

L'activité commerciale est essentiellement basée sur la vente des produits agricoles et de l'élevage. Le commerce des produits manufacturés et l'artisanat sont relativement peu développés.

### **III. MATERIEL ET METHODES**

#### **A. Etape préliminaire**

##### **1. Le cadrage**

Cette étape a consisté à définir avec l'ONG A.G.E.D, le mandat, les objectifs et le chronogramme de l'étude devant aboutir à la rédaction d'un rapport. Le cadrage à été élaboré puis matérialisé par un cadre logique (voir annexe 2) sur la base des termes de références destinés et des études similaires réalisées dans le sahel servira à mieux orienter les actions de terrain.

##### **2. Consultation bibliographique**

Elle s'est appuyée sur la collecte et l'analyse des documents techniques (base de données, carte, photographie, données météorologiques...) étroitement liés à la zone d'étude. A cela il faut ajouter la revue littéraire existante et la consultation des résultats antérieurs indispensables à la réalisation de l'étude. Cette revue des études et travaux antérieurs a servi à bien développer une approche par rapport à ce qui a été déjà fait. En plus, cela donne une orientation dans la démarche dans le cadre d'une large réflexion de la dynamique des plans d'eau sahéliens.

##### **3. Elaboration et acquisition des outils de collecte des données**

Pour une collecte efficiente des données sur le terrain, il a fallu rassembler la logistique et élaborer différentes fiches (voir annexe 3) en fonction des renseignements recherchés et de la cible. Ce sont entre autre :

- La fiche « Qualphy » (adaptée au contexte de l'étude). La fiche « Qualphy » est un outil d'évaluation de la qualité physique d'un cours d'eau mis au point par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (France). Bien qu'il ait été conçu en Europe, il peut s'applique toute fois à tout plan d'eau (il a même servi à établir la santé physique de la rivière Sourou au Burkina Faso). Il intègre les différentes composantes du milieu physique c'est-à-dire l'état du lit majeur, des berges et du lit mineur qui caractérisent un cours d'eau. Certains paramètres ont été modifiés en fonction des contraintes pratiques et de temps.
- La fiche de « prospection de mare » : c'est un condensé de renseignements à collecter qui se rapporte plus aux mares.
- Le questionnaire des entretiens de ménages

- La fiche d'entretien avec des autorités locales et des représentants de structures spécialisées de cette région.

Les éléments logistiques concernent un GPS 60 (marque GARMIN) pour les localisations, un appareil photo (marque CANON PowerShot SD 1200 IS) pour les prises de vue, une corde de 50m, une moto pour les déplacements sur le terrain, un guide pour les enquêtes et le matériel didactique.

#### **4. Echantillonnage de la zone d'étude**

Du point de vue plan d'eau, hormis les mares qui ont été parcourues depuis les abords du lit mineur jusqu'aux flancs des collines qui encadrent leur bassin versant, le fleuve Béli a été l'objet d'une étude sur un secteur d'un peu plus de 5 km. Les raisons étaient liées à la longueur du fleuve, au temps imparti pour réaliser l'étude et à d'autres contraintes d'ordre logistique. Le choix de ce secteur de 5 km ne s'est pas fait de façon fortuite mais il a été tenu compte du degré d'anthrophisation, du niveau de dégradation et de la représentativité géomorphologique. Ainsi en accord avec l'ONG A.G.E.D, le secteur situé dans le chef lieu de commune (Tin-Akoff où la population est plus dense) vers l'Ouest a été retenu, étant donné que c'est à ce niveau que le fleuve subit plus l'impact des activités humaines.

Quant à l'échantillonnage des ménages il s'est fait sur la base de 10% de l'effectif total des ménages de chaque localité concerné. Selon les lois de la statistique ce pourcentage est assez représentatif pour des études telles que la notre.

Les localités en question sont subdivisées en quartiers avec un nombre de ménages connu.

De plus, la durée et le budget de l'enquête étant limités, l'option d'échantillonnage choisie est la méthode des quotas. Cette méthode non probabiliste s'appuie sur le principe de l'hypothèse qui dit que, l'échantillon constituant une photo-réduction de la population, les conclusions recueillies sur cet échantillon peuvent être étendues à la population toute entière.

Le taux de 10% est appliqué à la fois à l'ensemble de la localité pour déterminer la taille de l'échantillon et à chaque quartier.

Le tableau suivant donne la répartition des ménages par quartier.

**Tableau II: Répartition des ménages par quartier**

Localités	Quartier	Nombre de ménages	Quota
<b>Tin-Akoff</b>	Quartier1 (centre)	236	24
	Quartier2	30	3
	Quartier3	60	6
	Quartier4	34	3
	<b>Total Tin-Akoff</b>	<b>360</b>	<b>36</b>
<b>Beldiabé</b>	Beldiabé (centre)	78	8
	Agora	55	6
	Tafoulane	64	6
	Outoufoutou	72	7
	Takorkotte	64	6
	Tintizimbé	51	5
	Eligbane	60	6
<b>Total Beldiabé</b>	<b>444</b>	<b>44</b>	
<b>Kouna</b>	Quartier1 (centre)	18	2
	Quartier2	10	1
	Quartier3	14	1
	Quartier4	8	1
	Quartier5	12	1
	Quartier6	10	1
	Quartier7	14	2
<b>Total Kouna</b>	<b>86</b>	<b>9</b>	
<b>Total des trois localités</b>		<b>890</b>	<b>89</b>

## **B. Etape de collecte des données**

### **1. Observations et prospections**

Il s'agit à cette étape de faire un examen minutieux de chaque point d'eau ainsi que son bassin versant en tenant compte de chaque paramètre défini dans les fiches « Qualphy » et « prospection de mare ». Ces visites diagnostiques ont été précédées de la reconnaissance du milieu aux fins de délimiter les zones à parcourir. Chaque élément pouvant conduire à appréhender l'équilibre de ces zones humides était localisé à l'aide du GPS et ou photographié. Des mesures in situ de distance ou superficie ont été réalisées avec une corde de 50m, ou par des pas ou encore avec le GPS.

## **2. Enquête de ménages**

La méthode de collecte étant défini ainsi que les échantillons, des différents quartiers de chaque localité ont été visités pour l'enquête de ménage. A ce niveau il a fallu l'aide d'un guide traducteur et d'une moto pour chaque tournée.

Il faut signaler une grande mobilité des populations et une dispersion assez marquée des habitations pour des raisons climatiques et de recherche de pâturage. Cela a rendu la tâche plus ardue. Dans l'annexe 4, certaines photos de ces enquêtes sont exposées.

## **3. Entretien**

Munis de fiches d'entretien, des échanges structurés ont été effectués avec des autorités et représentants de structures de chaque village. Il s'agit entre autre de : Maires (Maires de Markoye et de Tin-Akoff), chefs de villages ou délégués communaux, responsables CVD, représentants d'association (d'éleveurs, de pêcheurs, de maraîchers), directeurs d'école, représentants de projet de développement (photos, voir annexe4). L'objectif affiché était de recueillir auprès de ceux-ci des informations sur la dynamique et les composantes des populations ainsi que leurs activités, d'avoir leur avis sur les causes, les manifestations et les effets de la dégradation des points d'eau, enfin leurs propositions de solution de restauration et de gestion de leurs ressources hydraulique.

### **C. Etape de traitement des données**

#### **1. Analyse statistique des résultats d'enquête**

Les enquêtes effectuées, les données sont traitées par ordinateur au moyen du logiciel EXCEL afin d'en tirer une analyse succincte. A ce niveau chaque critère du questionnaire est examiné pour avoir finalement l'avis des populations sur les maux qui minent leurs ressources en eau, lequel avis sera confronté aux résultats techniques des visites de terrain.

#### **2. Analyse des fiches « Qualphy », de prospection de mare et de relevé GPS**

Les fiches « Qualphy », de prospection de mare et de relevé GPS sont été dépouillées puis traitées paramètre par paramètre en vue d'établir la caractérisation hydromorphologique du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé. Le profil, les dimensions spatiales et l'état physique de chaque plan d'eau se dégage de cette analyse.

### 3. Cartographie

L'utilisation du GPS a servi à localiser et à géo-référencer différents éléments constitutifs de chaque bassin versant. Ces données sont dans un premier temps prétraitées dans le logiciel MapSource accompagnant le GPS60 GARMIN, puis intégrées dans Arcview Gis 3.2a qui est le logiciel qui servira à élaborer des cartes. En outre les « Shape files » issus des bases de données nationales sont aussi intégrés dans ce logiciel pour faire sortir des cartes en rapport avec à la zone d'étude.

### 4. Méthodes de détermination des caractéristiques des bassins versants

Le bassin versant est caractérisé par différentes grandeurs dont les méthodes de calcul de quelques unes sont résumées dans le tableau suivant. Certaines sont fournies par la littérature

**Tableau III : caractéristiques des bassins versants**

	Bassin du Béli	Bassin mare de Kouna	Bassin mare de Beldiabé
<b>Superficie</b>	Littérature	Mesure avec papier millimétré	Mesure avec papier millimétré
<b>Périmètre</b>	Littérature		Digitalisation
<b>Indice de forme</b>		$Kg=0.28 \cdot P \cdot (S)^{-1/2}$	
<b>Longueur du rectangle équivalent</b>		$L=(P+ (P^2-16S)^{1/2})/4$	
<b>Indice global de pente</b>		$Ig=\Delta H/L$	

Légende : S (Km<sup>2</sup>) : surface du bassin versant ; P (Km): périmètre du bassin versant ; Li (Km) : longueur totale du réseau ; ΔH (m) : variation d'hauteur déterminée à partir de la courbe hypsométrique du bassin versant ; Kg indice de forme ; L (km) : longueur du rectangle équivalent ; Ig (m/km) : indice global de pente

### 5. Méthodes d'évaluation des phénomènes de dégradation et de perturbation

Le degré d'envasement dû à l'érosion hydrique, le degré de crue et d'inondation de chaque plan d'eau sont déterminés par calcul à partir de formules énumérées dans le tableau suivant.

**Tableau IV : Différentes approches de calcul**

Phénomènes	Paramètre	Equations	Auteurs
Erosion hydrique, envasement	Dégradation spécifique annuelle	$D=360*S^{-0.1}$	GOTTSCHALK
		$D=700*S^{-0.1}(P_{an}/500)^{-2.2}$	GRESILLON
		$D=137*S^{-0.05}(0.25+1.13(h+r))^{1.15}(P/700)^{-2.02}$	KARAMBIRI
Le degré de comblement	Volume annuel de dépôt	$V=D*S$	Hauteurs précédents
Crue et inondation	Volume ruissellement	$V_{r10}=A_{10}*P_{10}*K_{r10}S$	ORSTOM

Légende :  $D$  ( $m^3/Km^2$ ) : dégradation spécifique annuelle ;  $P_{an}$  (mm):la pluie annuelle en mm ;  $S$  ( $Km^2$ ):superficie du bassin versant ;  $h$  : paramètre anthropique;  $r$  : paramètre morphologique (Cours du Dr Karambiri, 2009);  $V_{r10}$  ( $m^3$ ) : volume de ruissellement ;  $A_{10}$  : coefficient d'abattement. Il se détermine par la formule suivante :

$$A_{10}=1-((161-0.042P_{an})*\log S/1000)$$

$P_{10}$  (mm): hauteur de pluie journalière décennale. Pour sa détermination voir l'annexe 4;

$K_{r10}$  : coefficient de ruissellement d'une pluie décennale. La détermination de ce coefficient dépend des types de sol du bassin versant et se calcul par l'équation ci-dessus.

**Tableau V : Estimation des  $K_{r10}$  selon les types de sol du bassin versant (ORSTOM)**

Types de sol	Estimation de $K_{r10}$
Granites	$K_1= 2300P_{an}^{-0.67}$
Grès	$K_2= 300P_{an}^{-0.375}$
Sables	$K_3= 2.107P_{an}^{-2.2}$
Argiles+marnes	$K_4= 300P_{an}^{-0.3}$
schistes	$K_5= 370P_{an}^{-0.375}$

$P_{an}$ = pluviométrie annuelle

$$K_{r10}=\sum_1^5 a_i*k_i \quad \text{avec } a_i= \text{pourcentage de sol de type } i.$$

En outre le type et les facteurs d'érosion remarquables dans les bassins versants seront indiqués à partir de l'analyse des photographies prises in situ.

Les arbres dessouchés, coupés des rives de chaque plan d'eau ont été photographiés, cela nous servira à avoir une idée de dégradation de la végétation.

## 6. Méthodes d'estimation des besoins en eau

Les plans d'eau étudiés sont essentiellement consacrés aux activités agropastorales et domestiques. Cependant il existe quelques parcelles maraîchères aux abords du fleuve Béli, dont le système d'irrigation est de type arrosage manuel au moyen d'arrosoirs.

Le tableau VI dresse les besoins en eau selon l'usage.

**Tableau VI: Besoin en eau**

Usage	Cible	Equation	Nombre/ superficie
<b>Agropastoral</b>	Bovins	$B_j=40*N_b$	1440 ; 3108 ; 1634
	Anes	$B_j=13*N_a$	360 ; 444 ; 258
	Petits ruminants	$B_j=5*N_r$	2880 ; 7992 ; 1634
	Chameaux	$B_j=20*N_c$	72 ; 27 ; 86
<b>Domestique</b>	Hommes	Estimation	$B_j=15*P$ ; 2160 ; 2665 ; 516
		Données Tin-Akoff	$B_j=20*P$ ; 2160
	enquêtes	Beldiabé	$B_j=20*P$ ; 2665
		Kouna	$B_j=13*P$ ; 516
<b>Maraîchage</b>	Champ	$B_j=100*S$	$14*0.78=10.92$ ha

**Source :** Karambiri H, 2010 ; Lhoste P., Dolle V. et al, 1993, Enquête de terrain, avril 2011

Légende :  $B_j$  (l ou  $m^3$ ) : Besoin journalier ;  $N_b$ ,  $N_a$ ,  $N_r$ ,  $N_c$  sont respectivement le nombre de bovins, d'ânes, de petits ruminants et de chameaux s'abreuvant dans le point d'eau.  $P$  : population utilisant l'eau pour ses besoins ménagers ;  $S$  (ha) : superficie des champs maraîchers.

Il est difficile de quantifier les animaux concernés surtout en zone de transhumance, on peut estimer grossièrement les besoins en considérant qu'un animal ne peut s'abreuver à une réserve que s'il pâture à moins de 10 km du barrage soit 30 000 ha concentriques à la retenue. En zone sahélienne la densité de bétail est de 1 bête pour 5 ha en moyenne soit environ 6000 têtes à abreuver (Lhoste P., Dolle V. et al, 1993).

Lors des entretiens et des investigations, nous avons dénombré 14 champs maraîchers dont la superficie moyenne est de 0.78 ha.

Les nombres disposés successivement et séparés par les points virgules correspondent aux effectifs de chaque entité respectivement pour Tin-Akoff, Beldiabé et Kouna.

Dans le tableau, l'estimation en eau des besoins des cultures maraîchères ne prend pas en compte l'évaporation et les infiltrations.

En tenant compte de ces deux derniers paramètres non négligeables, le besoin en eau devient :

**Bj=Bn (besoin net)=BEC-Pe-RU**

Avec  $BEC = \sum_{\text{période}} Kc * ETP$

Selon Doorenbos et Pruitt (1976) : « *Le besoin en eau d'une culture est la hauteur d'eau, en mm, nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établit dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitantes du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données* ».

Ainsi donc l'estimation des besoins en eau des cultures dépend de trois principaux paramètres :

- Climatique : Température, humidité relative de l'air, le vent, l'ensoleillement. Il se caractérise par l'ETP (donnée climatique fournie)
- Pédologique : Texture, structure (infiltrabilité), physico-chimique du sol, disponibilité de l'eau de la surface. Il se définit par le potentiel hydrique (RU)
- Biologique : caractéristiques propres au végétal. On a le coefficient cultural (Kc)

$ETM = ETP * Kc$

Le Kc est fonction du cycle, de ce fait l'ETM est appelé à varier aussi.

L'**annexe 6** donne les Kc de chaque plante en fonction de la période culturale.

La seule ressource en eau disponible est l'eau conservée dans le sol, étant donné qu'en saison sèche il n'y a aucune précipitation.

La Réserve Utile (RU) exprimée en mm, est la quantité d'eau retenue dans la tranche superficielle du sol par la microporosité. Elle constitue un réservoir pour les végétaux variant au cours du temps en fonction de la pluviométrie et de la quantité d'eau puisée par les plantes : elle correspond à la quantité d'eau dont la végétation peut disposer pour assurer son alimentation en eau en l'absence de précipitation. Sa valeur dépend de la capacité de rétention, du point de flétrissement et de l'épaisseur du sol concerné. La capacité de rétention d'un sol représente la quantité d'eau que ce sol peut retenir, autrement dit de l'eau non soumise à gravité. Mais toute cette eau n'est pas utilisable par la végétation, une partie de l'eau étant trop fortement retenue par le sol pour être extraite par les racines : cette teneur en eau résiduelle correspond au point de flétrissement. Dans le sol, l'eau disponible pour la végétation est donc celle compte-tenu de la capacité de rétention et du point de flétrissement, propre au sol. Pour connaître le volume global dont peut disposer la végétation, il faut prendre en compte l'épaisseur de sol exploitable par les racines. Dans notre cas, on veut savoir la quantité d'eau disponible au début de la période de maraîchage, juste à la fin de la saison des pluies. On considère donc qu'à ce moment-là le sol

est saturé en eau, rendu possible grâce à une grande porosité du sol, et qu'aucune pluie ne vient remplir la réserve pendant les trois mois de culture. La parcelle de maraîchage est caractérisée par une texture sableuse, donc le volume de réserve utile correspond à 12% du volume de sol (Arnal, 1984). Pour une profondeur accessible au sol de 20cm :  $RU = 24\text{mm}$ . Soit un volume d'eau disponible dans le sol de :  $120\text{ m}^3$  pour 0.5 ha ;  $2620.8\text{ m}^3$  pour les 10.92 ha

La pluie efficace (Pe), au sens agronomique, correspond à la quantité de pluies effectivement infiltrée dans le sol et utilisée réellement par la plante. Son appréciation est difficile et imprécise. Elle est calculée par la formule de la FAO (2009) :

$$Pe = 0.8 * P - 25 \text{ si } P > 70\text{mm/mois}$$

$$Pe = 0.6 * P - 10 \text{ si } P \leq 70 \text{ mm/mois}$$

Avec P et Pe respectivement la pluviométrie mensuelle et la pluviométrie efficace mensuelle en mm de pluie

Dans notre cas  $P \leq 70\text{ mm/mois}$ , d'où  $Pe = 0.6 * P - 10$

## **7. Analyse multicritères et hiérarchisation des actions d'aménagement et de gestion à mener**

Le diagnostic des ressources en eau étudiée a permis d'identifier une dizaine d'actions inspirées des travaux similaires réalisés dans la province de l'Oudalan. C'est le cas des études menées sur l'aménagement et la gestion de la mare d'Oursi par H. OUEADA en 2005 de la fondation NATURAMA ; le Ministère de l'environnement et du cadre de vie en 2007 dans le cadre du programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA). Il y a aussi la communication sur l'aménagement de mares temporaires comme points d'eau d'abreuvement de saison sèche au sahel Voltaïque présentée par Claude J. en 1983.

Ces actions énumérées dans le chapitre IV feront l'objet d'une hiérarchisation par l'analyse multicritères. C'est une analyse qui vise à expliciter une famille cohérente de critères pour permettre de concevoir, justifier et transformer les performances au sein d'un processus de décision (Leroux N., 2004). Cette méthode permet ainsi de sélectionner ou d'hiérarchiser une ou plusieurs actions, options ou solutions. Bien qu'ayant fait ses preuves dans les domaines de l'environnement, l'analyse multicritères reste une approche dont les critères sont de nature subjective et qualitative.

Le choix des critères de ce document s'est fait sur la base du concept du développement durable car il convient le mieux aux travaux effectués sur les points d'eau. Il s'agit de trouver un équilibre entre l'utilisation de ces ressources naturelles pour la subsistance des populations en plein essor et la protection et la conservation de ces ressources afin de garantir leur pérennité. Ces critères sont entre autre : l'efficacité économique des populations qui exprime le degré de réduction et de recul de l'indice de la pauvreté locale, l'équité sociale en stabilité sociale, la préservation de l'environnement et la gouvernance de l'eau par l'approche écosystémique.

Les actions elles-mêmes ont été réparties en différents domaines à savoir : l'AEP, l'agriculture, l'élevage, le patrimoine, et l'écosystème.

Pour la classification des actions, deux types de paramètres ont été retenus : les coûts et les bénéfiques. Pour chaque action, les coûts utilisés se réfèrent à des projets et programmes déjà exécutés ou en cours d'exécution.

Les bénéfiques retenus sont : (B1) : l'amélioration des revenus des populations ; (B2) : la sédentarisation des populations et la réduction des conflits ; (B3) : la santé humaine et animale ; (B4) : la pérennisation et la qualité de la ressource en eau ; (B5) : l'amélioration de biodiversité.

Pour chaque bénéfice, l'action reçoit une note de 0 « bénéfice nul », 1 « bénéfice faible », 2 « bénéfice moyen » à 3 « bénéfice fort ». Ensuite se fait la pondération.

Les coûts et les bénéfiques attendus ont fait l'objet d'une standardisation avant d'aboutir aux scores utilisés dans le classement.

Pour la standardisation les équations suivantes ont été adoptées (méthode de normalisation) pour les:

- Bénéfices :  $B_s = (B_x - b) / (B - b)$  où  $B_s$  est la valeur standardisée,  $B_x$  le score du bénéfice considéré,  $b$  le plus petit score et  $B$  le score le plus élevé.
- Coûts :  $C_s = (C - C_x) / (C - c)$  avec  $C_s$  est la valeur standardisée du coût de l'action,  $C_x$  la valeur du coût considéré,  $C$  le coût le plus élevé et le coût le plus bas.

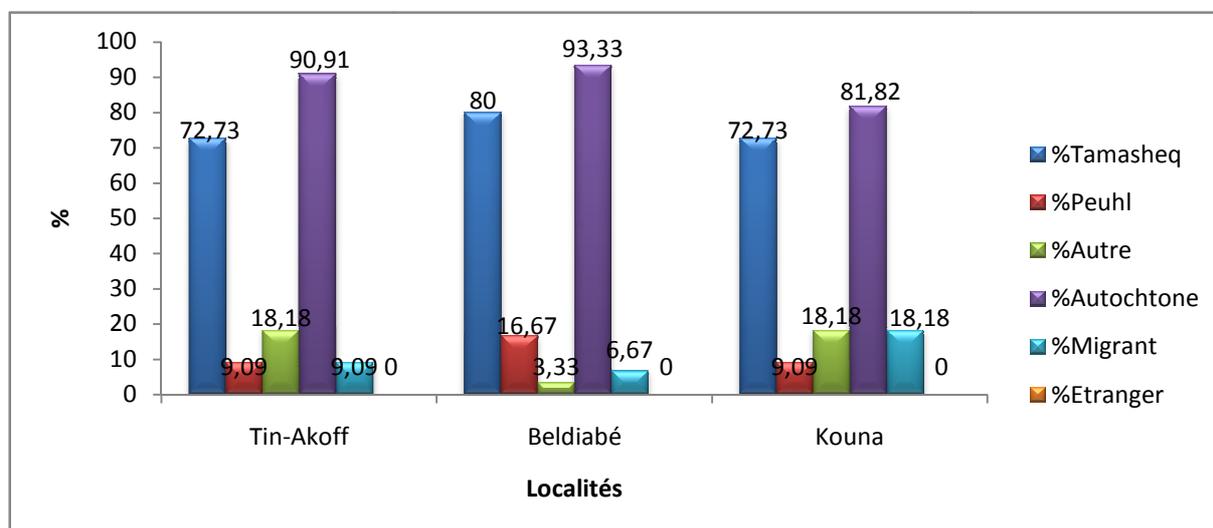
#### IV. Résultats et analyse du diagnostic

##### A. Analyse et interprétation des résultats des enquêtes

Les enquêtes menées sur le terrain servent à travers un certain nombre de critères à appréhender les liens étroits entre les populations et les ressources en eau qu'elles exploitent. Ces différents critères en rapport avec les caractéristiques socio-économiques des populations ainsi que leurs positions ou avis sur les problèmes (y compris leurs causes, leurs manifestations et leurs conséquences) que minent ces plans d'eau seront analysés et discutés point par point, puis par la suite confrontés aux données techniques des visites de terrain.

- Caractéristiques sociodémographiques et culturelles des ménages enquêtés

Le graphique 1 donne la répartition du statut et de la langue des ménages enquêtés par localité. Il en ressort que chaque localité abrite des populations en majorité autochtones (90,91%, 93,33%, 81,82% respectivement pour Tin-Akoff, Beldiabé et Kouna) et Tamasheq (72,73% à Tin-Akoff, 80% à Beldiabé et 72,73% à Kouna). De plus, aucun ménage n'est d'origine étrangère et ce quelque soit la localité. Hormis Beldiabé où les peuhls (avec 16%) viennent en deuxième position, dans les localités de Kouna et de Tin-Akoff, ils sont moins nombreux que l'ensemble des autres langues tels les Mossi, les Gourounsi...



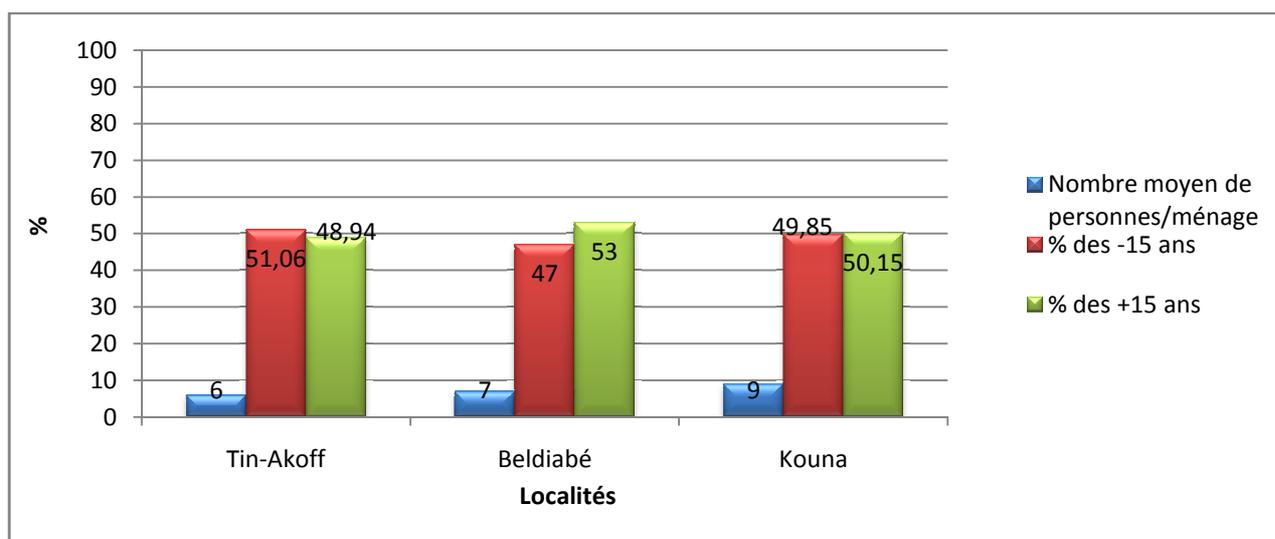
**Graphique 1 : Proportion des ménages enquêtés par statut et langue**

**Source :** Enquête terrain avril 2011

Ces données sont à l'image de toute la province dominée par les tamasheqs qui sont des autochtones (SRAT/Sahel, 2002). A côté de ceux-ci on distingue des éleveurs nomades peuhls venus des villes de Gorom-Gorom et d'autres provinces, ainsi que des fonctionnaires tels les enseignants affectés dans la zone. Il existe un lien étroit entre les activités menées dans

le bassin versant de ces trois plans d'eau et cette forte proportion de tamasheqs et accessoirement de peuhls.

Le graphe 2 donne un aperçu du nombre moyen de personnes par ménage, ainsi que la répartition de celles-ci par tranche d'âge. L'effectif des membres d'un ménage varie entre 6 et 9 personnes. Les effectifs des personnes de moins de 15 ans et de plus de 15 ans sont sensiblement égaux avec tout de même une proportion de la première catégorie moins élevée à Beldiabé (53% de plus de 15 ans contre 47% de moins de 15 ans).



**Graphe2 : Nombre moyen de personnes par ménage et répartition de celles-ci par tranche d'âge**

**Source : Enquête terrain avril 2011**

Tout comme dans l'analyse du graphe1, ces résultats reflètent la situation globale de la région du sahel (SRAT/Sahel, 2002).

La population active est essentiellement composée des plus de 15 ans. Quant aux plus jeunes, ils se retrouvent dans les écoles. Cependant il faut noter le taux de déperdition assez important dans ces zones où les élèves abandonnent les classes pour se muer en bergers.

Le nombre moyen de personnes par ménage combiné au taux annuel de croissance de la population dans ces localités (3.11% pour la commune de Tin-Akoff et 5% pour la commune de Markoye : PCD Tin-Akoff, 2009 ; PCD Markoye, 2009) constituent des facteurs importants de pression sur les ressources naturelles déjà mises à mal par conditions climatiques moins favorables.

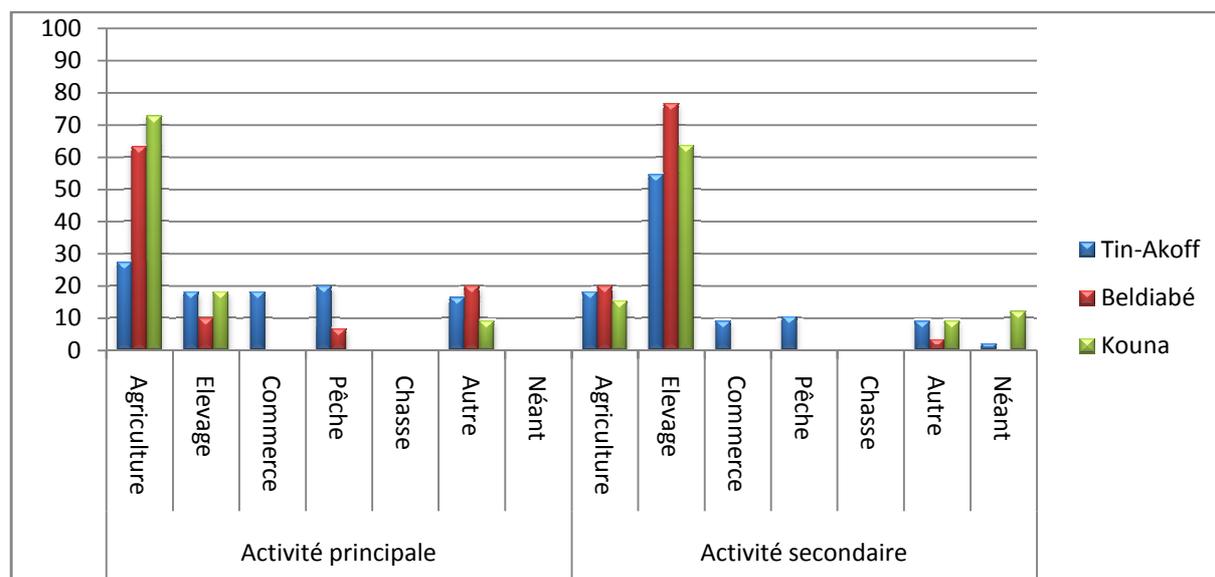
- Activités économiques

Les activités économiques intervenant dans la fiche d'enquête sont l'agriculture, l'élevage, le commerce, la pêche, la chasse. A cela il faut ajouter l'inactivité et d'autres activités telles

l'artisanat ou encore le fonctionnariat. Le graphe3 présente la proportion de chacune d'elle selon qu'elle soit principale ou secondaire en fonction de la localité.

Il en ressort que pour ce qui est de l'activité principale, l'agriculture occupe plus les populations avec (72,72% à Kouna, 63.63% à Beldiabé et 27.27% à Tin-Akoff). Quant aux activités secondaires, l'élevage se place à la première place dans chaque localité.

Certains ménages à Beldiabé et Tin-Akoff (6.67% et 20% respectivement) s'adonnent à la pêche comme activité principale contrairement à Kouna. Aucun ménage interrogé, quelque soit la zone ne pratique la chasse. Notons une grande variabilité d'activité à Tin-Akoff avec une bonne proportion de commerçants.



**Graph3 : configuration des activités économiques des ménages enquêtés**

**Source : Enquête terrain avril 2011**

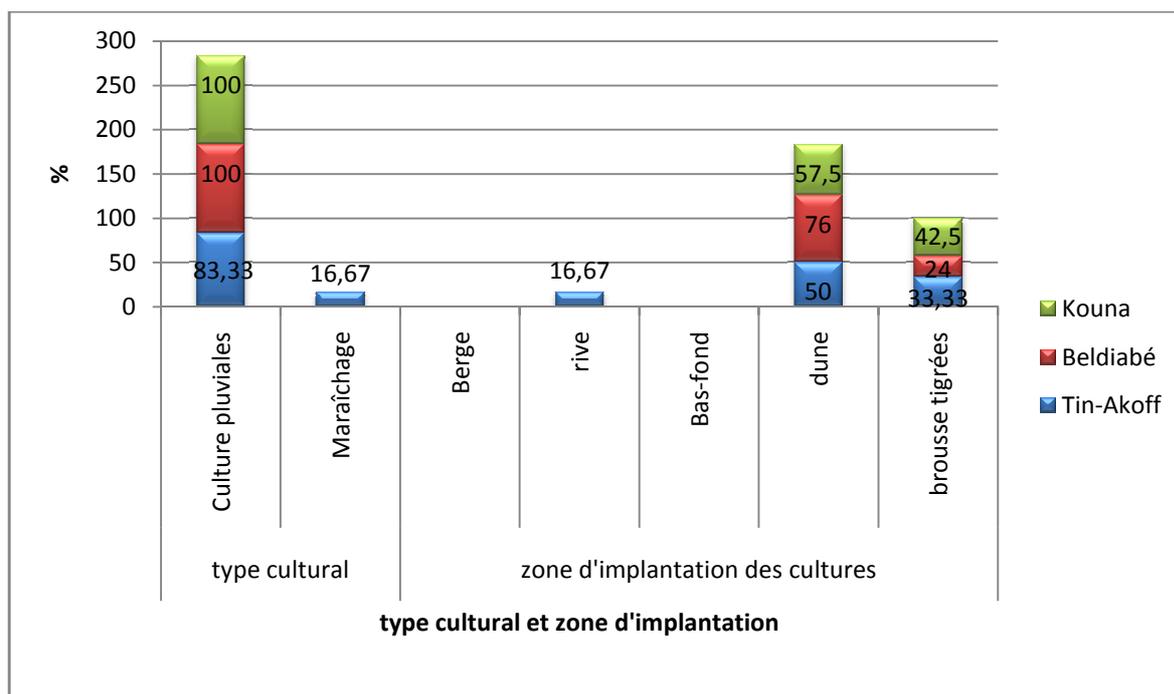
La prédominance de l'agriculture et de l'élevage est liée à l'histoire et à la vocation des habitants de ces zones. Les tamasheqs et les peuhls sont de grands éleveurs qui s'installent toujours non loin des points d'eau et des pâturages pour assurer la survie de leur cheptel qui constitue leur source de revenu majeure.

Le cheptel est dominé à plus de 50% par les petits ruminants (ovins et caprins), suivis des bovins, des asins et des camelins (détenus par de rares ménages). Les ménages Tin-Akoff ont chacun en moyenne 13 têtes, ceux de Beldiabé et de Kouna en ont chacun en moyenne 26% et 42%. Ces moyennes, bien sûr, ne ont qu'indicatives car l'effectif des bêtes (toutes espèces confondues) par ménage varie entre 2 et plusieurs dizaines de têtes. La localité de Tin-Akoff possède la plus faible moyenne du fait de son taux d'urbanisme plus important que les deux autres et partant de là la diversité des activités.

Le type d'élevage pratiqué dans ces milieux est essentiellement de type sédentaire extensif (100%, 90% et 88.89% de ménages respectivement de Tin-Akoff, de Beldiabé et de Kouna). Seules quelques familles (10% et 11.11%) des localités de Beldiabé et de Kouna font de l'embouche.

Il arrive des fois qu'ils soient sujets à des mouvements de transhumance selon que les ressources en pâturage en eau viennent à manquer. C'est ainsi que 87.5% d'éleveurs de Tin-Akoff, 61.53% de Beldiabé et 60% de Kouna sont amenés à pratiquer, en situation d'extrême sécheresse, la transhumance vers les pays voisins notamment le Mali qui reste la destination privilégiée, avec le risque de heurts avec les autochtones de ces pays.

L'agriculture, activité qui occupe plus les populations est destinée à l'autoconsommation (100% pour les cultures pluviales : mil, sorgho, maïs, haricot) et en partie à la vente pour les spéculations de contre-saison (choux, carottes, salade...). Le maraîchage ne se rencontre qu'à Tin-Akoff. Les mares de Kouna et de Beldiabé sont essentiellement à vocation agropastorale. Les ménages pratiquant l'agriculture occupent en moyenne 1 ha des dunes fixées ou des brousses tigrées situées.



**Graphe4 : Répartition du type cultural et de la zone d'implantation des cultures des ménages enquêtés**

**Source : Enquête terrain avril 2011.**

La forte demande de ces populations en perpétuelle croissance en produits céréaliers oblige celles-ci à raser certaines zones naturelles portant des végétaux destinés à freiner le phénomène d'érosion.

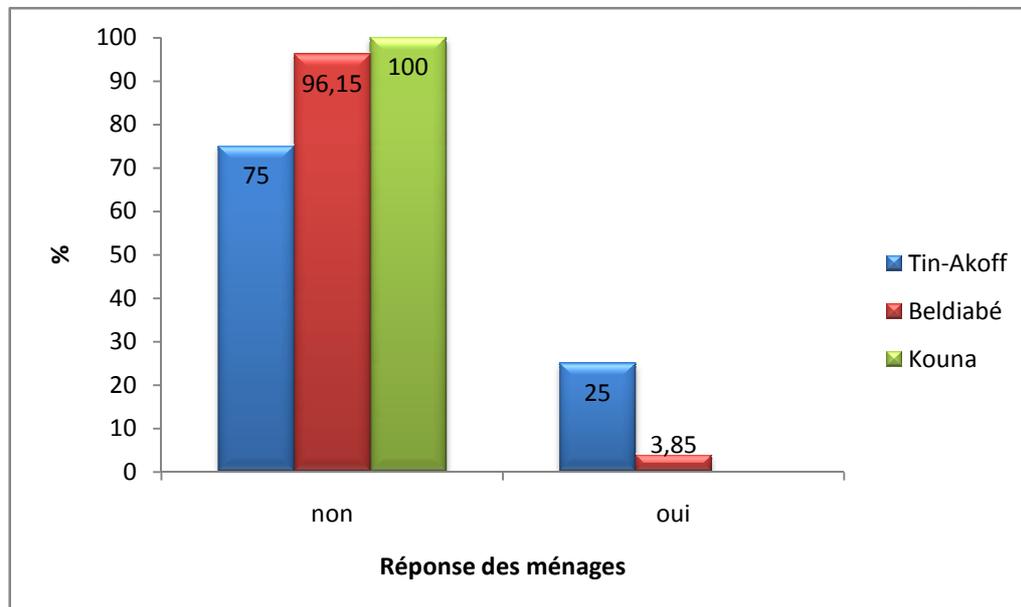
Plus de 70% des agriculteurs interrogés dans chaque localité utilisent des engrais mais de type biologique constitué de bouse de vache. Bien que, comparé aux engrais chimiques, ce type d'amendement soit biochimiquement moins nuisible, il n'en demeure pas moins qu'il libère dans les eaux de pluie une importante quantité d'éléments minéraux qui peuvent engendrer l'eutrophisation des plans d'eau.

Les champs maraîchers rencontrés à Tin-Akoff sont tous situés au niveau des rives, à la limite des crêtes de berge. De plus en plus de champs, situés en moyenne à 35 m du niveau de la masse d'eau, encombrant ces abords de berges, mettant ainsi à mal la stabilité des rives.

- Exploitation des ressources du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé

Tous les ménages pratiquant l'élevage abreuvent et ou font paître leurs troupeaux quotidiennement au niveau de ces points d'eau. Toutefois en saison d'hivernage, certaines familles (40%), les plus éloignées arrivent à satisfaire les besoins en herbes de leurs bêtes à proximité de leurs habitations.

De façon globale, les éleveurs avancent dans leur grande majorité (75% à Tin-Akoff, 96.15 à Beldiabé et 100% à Kouna) que l'herbe du plan d'eau est insuffisante à satisfaire les besoins alimentaires de leur cheptel. Il en est de même pour l'eau en période tarissement où ils ont obligé de creuser des puisards.

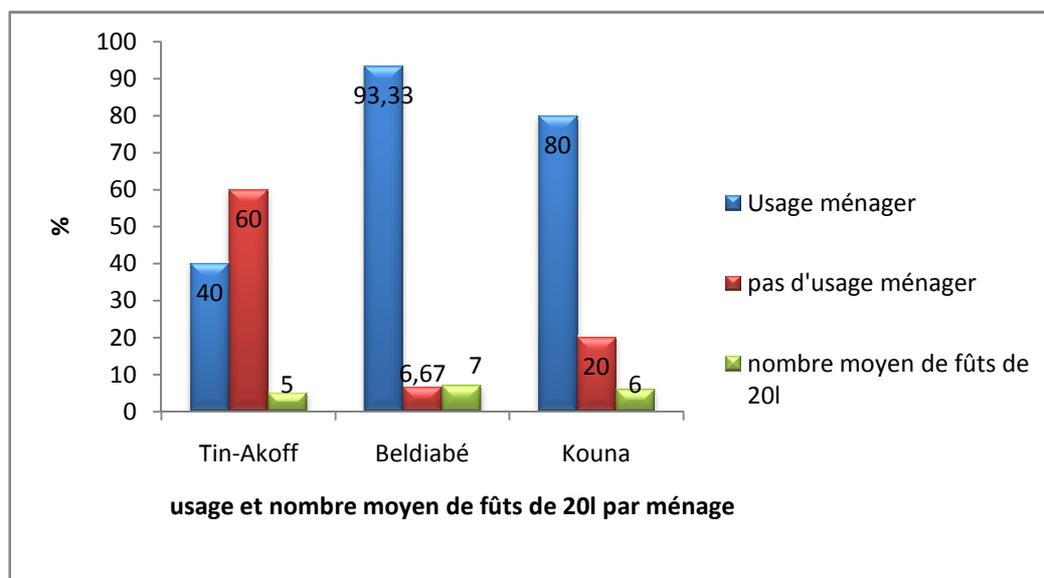


**Graphes5** : Perception des ménages sur la capacité du pâturage des plans d'eau à satisfaire les besoins alimentaires de leurs animaux.

**Source** : Enquête terrain avril 2011

Cette situation d'insatisfaction est à la fois liée au surpâturage et aux conditions climatiques. En plus d'abreuver les animaux, les hommes utilisent ces eaux naturelles à des fins ménagères et d'arrosage des champs maraîchers (cas du fleuve Béli).

Le graphe6 indique la proportion de ménage utilisant l'eau à des fins ménagères et le nombre de fûts de 20L d'eau prélevée quotidiennement. Notons que ces fûts constituent les récipients par excellence de collecte d'eau à usage ménager.



**Graphé6 :** Avis des ménages sur l'utilisation ménagère du plan d'eau et le nombre moyen de fûts de 20 l d'eau prélevée.

**Source :** Enquête terrain avril 2011

L'eau des fûts selon les enquêtés servent à la consommation, à la cuisine, la toilette....

L'insuffisance, le faible débit et la distance des forages expliquent ce recours à eaux de surface pour les besoins ménagers (Diop A., Diaw I., 2002).

Les propriétaires des champs maraîchers utilisent des arrosoirs d'environ 5L pour recueillir l'eau. La quantité d'eau prélevée est fonction de la dimension du champ, de la plante et de la période du cycle cultural.

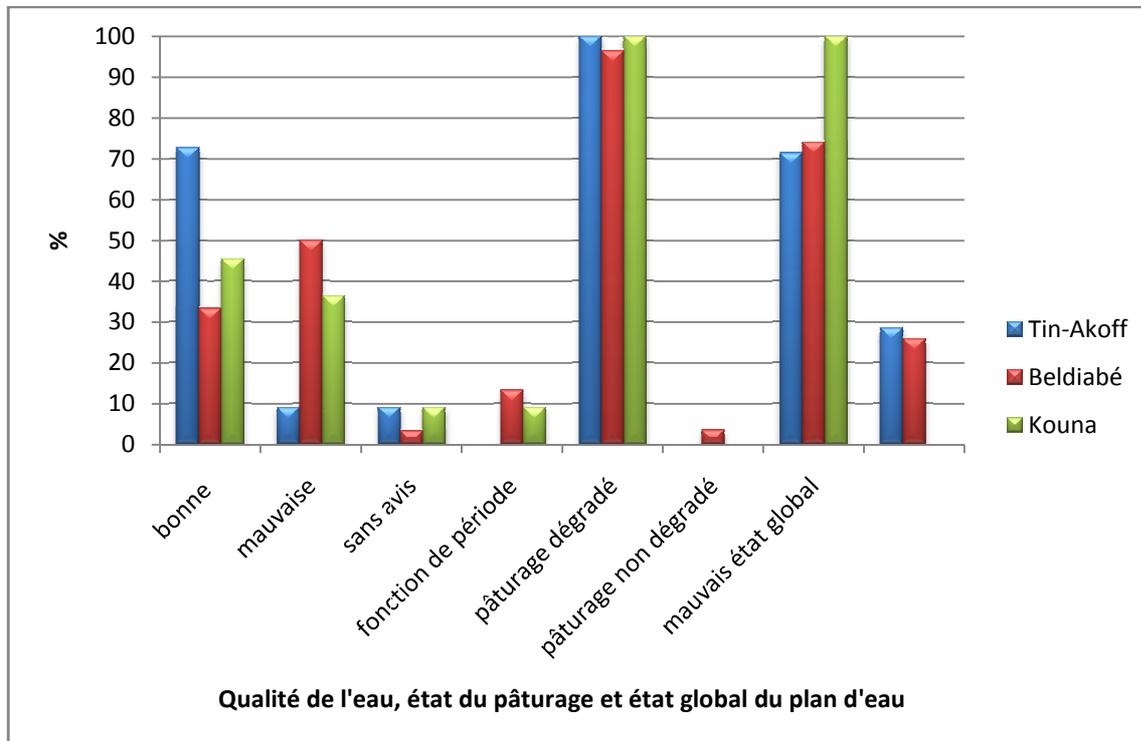
A ces usages principaux, ajoutons la baignade, la cueillette des gousses de nénuphars et la fabrication de brique d'argile.

- Diagnostic des points d'eau

Chaque ménage interrogé a été amené à donner son avis sur la qualité de l'eau utilisée, l'état global ainsi que le pâturage du plan d'eau.

A Kouna et Tin-Akoff, la plupart (45.45% et 72.73%) des ménages interrogés estiment que l'eau est bonne pour tout usage ménager, contrairement à Beldiabé où 50% des gens pensent que leur eaux superficielles sont mauvaises.

Dans toutes les localités, plus de 70% des éleveurs jugent que le pâturage situé aux abords des plans d'eau se dégrade. L'état global de ceux-ci n'est pas bon du point de vu de plus 70% des populations chaque localité.



**Graph 7 : Perception des ménages sur la qualité des eaux superficielles, de l'état global ainsi que le pâturage des plans d'eau.**

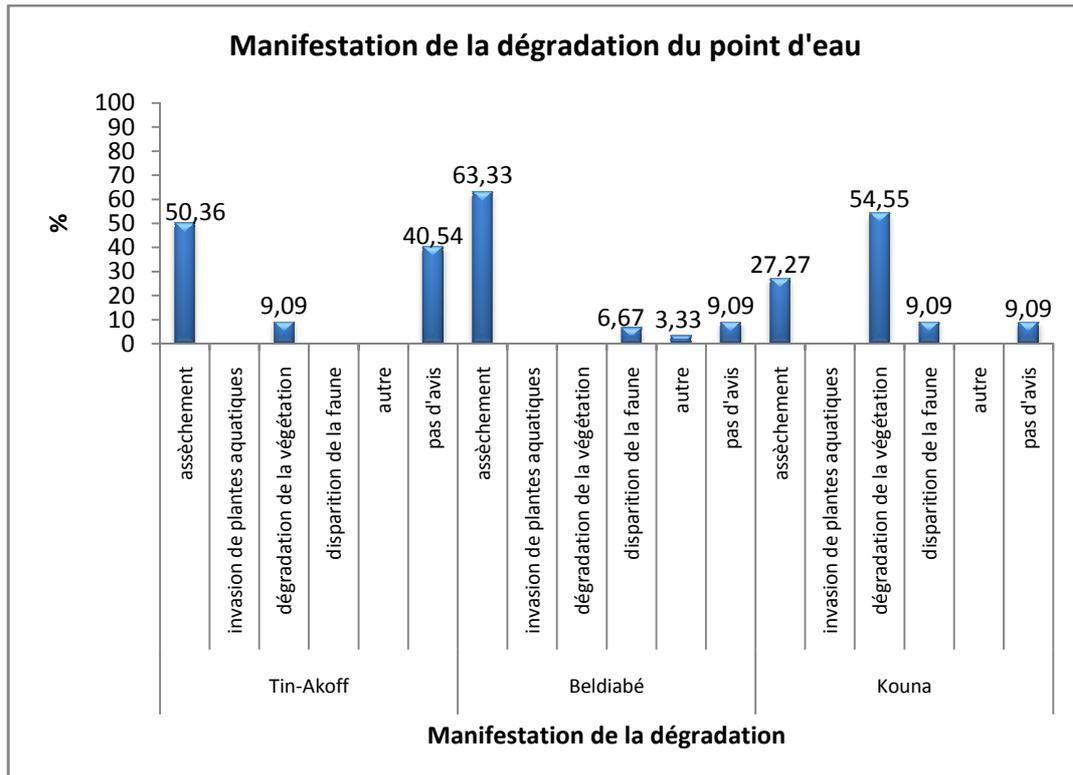
**Source :** enquête terrain avril 2011

Hormis le caractère subjectif de perception de la qualité des eaux superficielle, notons que cette qualité est liée à sa turbidité, à son goût et à son odeur. En période de pleine eau ou encore de saison pluvieuse, il y a un renouvellement et une oxygénation constante de la ressource, ce qui réduit considérablement la prolifération d'algues filamenteuse et la persistance de certaines odeurs. Il est clair qu'en saison sèche, la masse d'eau peu abondante est à fleur du fond vaseux qui la colore de particules argileuses. Les flaques d'eaux qui se forment constituent des milieux favorables à la prolifération algale.

La presque unanimité sur le mauvais état des plans d'eau ainsi que de leur pâturage se justifie par plusieurs facteurs notamment humains, édaphiques et climatiques.

Les graphes 8 et 9 énumèrent les manifestations et les causes de ces dysfonctionnements.

Les ménages questionnés de Tin-Akoff et de Beldiabé prétendent que la dégradation des ressources en eau se manifeste principalement par leur assèchement (50.36% et 63.33%), quand ceux de Kouna pensent à la dégradation de la végétation (54.55%).



**Graphes 8 : Manifestation de la dégradation des points d'eau selon les ménages enquêtés.**

**Source :** enquête terrain avril 2011

Les populations constatent qu'au fil des années, la ressource perd de sa superficie et de sa profondeur du fait de dépôt quasi continue de sédiment sableux et vaseux, ce qui abrège la période de rétention de l'eau au sein de son lit. Les témoignages perçus font état, jadis, d'une bonne densité de végétaux. La diminution de la population de ligneux se ressent aux abords des plans d'eau où l'on observe des restes d'arbres coupés, brûlés (pour du charbon) ou déchaussé par des crues.

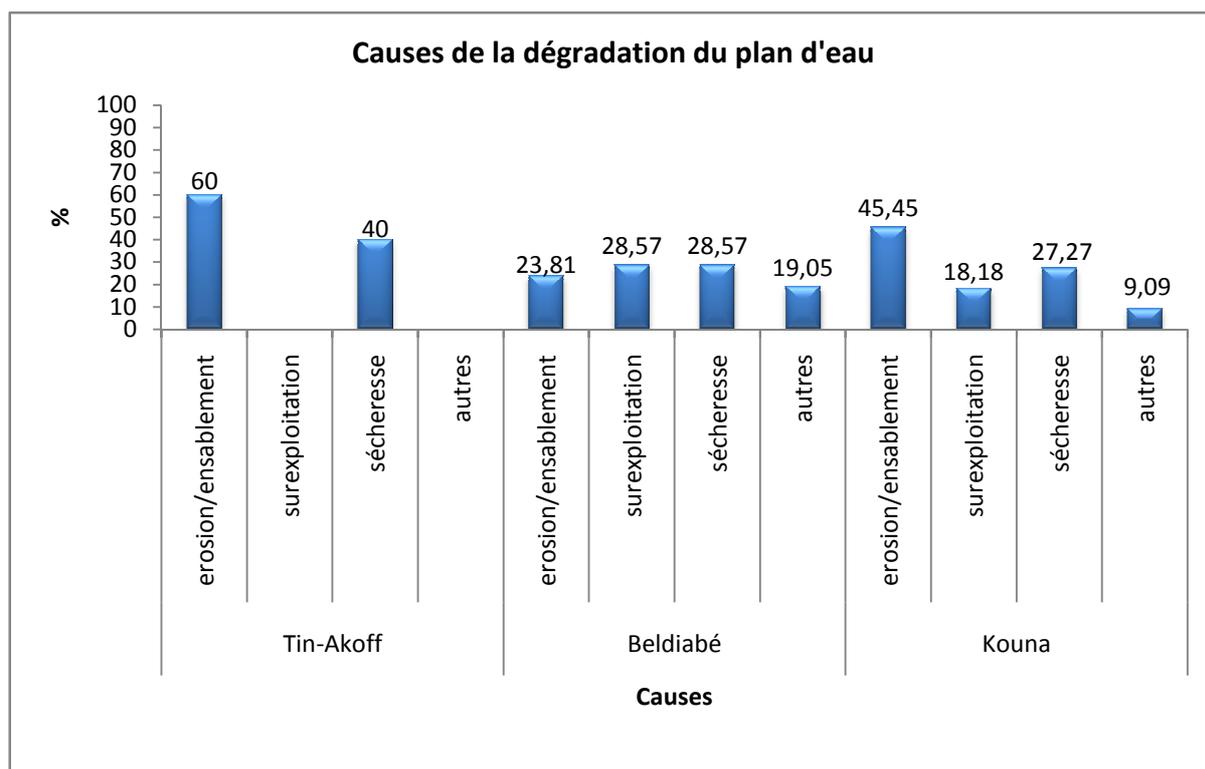
Les causes en sont de plusieurs ordres :

Géomorphologique et pédologique (23.81% à Beldiabé, 60% à Tin-Akoff et 45.45% à Kouna) : le binôme érosion ensablement est le premier accusé. Il est en effet facile de distinguer les dépôts sableux et argileux au niveau des berges et dans le fond du lit des plans d'eau lors de leur assèchement total. Trois types d'érosion sont incriminés à savoir l'érosion hydrique (en saison pluvieuse, les eaux parcourant les chenaux, ravins et korys charrient des masses importantes de sable vers ces ressources), éolienne (la région du sahel est caractérisée par des vents forts et fréquents ainsi que d'un système dunaire, ceux-ci dans leur élan, soulèvent et déposent dans les lits des eaux déjà de faible profondeur de grande quantité de particules sableuses.)

Climatiques (27.27% à 40% selon les localités) : A ce niveau, plus de 80% des ménages de chaque localité jugent que la dernière décennie est marquée par une pluviométrie en baisse (exception faite à la dernière saison pluvieuse, pensent plus de 60% d'entre eux), une température et la vitesse/fréquence du vent en augmentation. Ces mêmes éléments sont aussi mis en cause dans la dégradation du pâturage

Humains : les populations elles mêmes reconnaissent qu'il y a une exploitation non rationnelle des ressources. La forte croissance démographique (3.11% à Tin-Akoff et 5% à Markoye, **PCD Tin-Akoff, 2009 ; PCD Markoye, 2009**), l'absence d'éducation environnementale et la mauvaise gestion des ressources naturelles constituent les explications de cette pression.

L'ensemble des autres causes (19.05% à Beldiabé et 9.09% à Kouna) regroupe des facteurs édaphiques notamment le nombre limité d'affluents et de collecteurs des eaux et l'endoréisme.



**Graph 9 : Avis des ménages sur les causes de la dégradation des plans d'eau.**

**Source : Enquête terrain avril 2011**

Cette situation de détérioration des plans n'est pas sans effet sur les activités socio-économiques des riverains.

Les données d'enquête révèlent que 55.56% des ménages de Tin-Akoff, 50% à Beldiabé et 63.64% à Kouna ont leurs activités qui ont subi ou qui subissent les effets de la perte des fonctions des plans d'eau.

Les plus atteints sont bien entendu les éleveurs qui voient leur cheptel mourir de dénutrition et de soif faute de point d'abreuvement disponible en quantité et en qualité.

Les cultures pluviales qui sont moins liées à ces eaux de surface puisque ne fonctionnant pas dans ces zones par système d'irrigation, tombent néanmoins sur le coup de la sous-production du fait d'une sécheresse accentuée. En outre les propriétaires de champs maraîchers installés non loin du fleuve Béli se plaignent de l'assèchement fréquent de ce cours d'eau. Autrefois en effet, il parcourait une courte distance (8 à 10 m : selon les propos du président de l'association des responsables de jardins) pour avoir accès au plan d'eau, mais ces dernières années, ils prétendent couvrir jusqu'à 50 voire 70 m pour remplir leur arrosoirs, ce qui réduit le rendement de leurs cultures. Les pêcheurs n'en sont pas moins affectés puisque beaucoup d'espèces piscicoles disparaissent de ces eaux. Seuls les silures qui ont la capacité d'hiberner dans la vase s'adaptent aux conditions d'envasement et d'assèchement du plan d'eau.

Cela contraint environ 61.53% des éleveurs de Beldiabé, 87.5% de Tin-Akoff et 60% de Kouna à la transhumance. Ils se dirigent vers le Niger mais surtout le Mali où ils y restent 2 à 6 mois (de février à juin) avant de revenir. Quelques uns d'entre eux sont l'objet d'hostilité.

D'une façon générale le déséquilibre écologique de ces plans perturbe la stabilité sociale et économique des populations d'une part et la diversité faunique et florale (fuite et disparition d'espèces animales par exemple). Le microclimat engendré par ces zones humides se dégrade également.

- Gestion des ressources

L'accès aux ressources des plans étudiés est libre puisqu'étant considéré par les populations comme un bien public appartenant à tous et à chacun.

Pour ce qui est de la gestion, plus de 80% des ménages de chacune des localités affirment qu'il n'existe aucun comité de gestion. Ceux-ci avancent également qu'en dépit de l'absence d'un comité de gestion, il n'existe pas de conflits liés à l'exploitation des ressources hydrauliques.

Les problèmes étant énumérés ainsi que leurs causes, manifestations et conséquences, il a été demandé aux populations dans une approche participative de proposer des solutions qu'elles jugent pertinentes, urgentes et durables pour l'aménagement et la gestion de leurs zones humides.

Le tableau VII indique une répartition des solutions proposées par les ménages. Le surcreusement du plan d'eau avec pour objectif d'augmenter leur capacité de stockage hydraulique est l'option la plus citée dans chaque localité, ensuite viennent la mise en place d'un comité de gestion, la construction de forage, le reboisement...

La restauration de digue est une solution uniquement proposée à Kouna.

D'autres solutions encore sont faiblement citées dans certaines localités mais sont majeurs dans d'autres, c'est le cas par exemple du creusement et du dragage de chenaux collecteurs des eaux de pluie.

**Tableau VII : Proportion des solutions proposées par les ménages selon les localités**

Solutions	% des avis selon les localités		
	Tin-Akoff	Beldiabé	Kouna
Surcreusement/capacité de stockage+	25,22	37,93	54,54
Construction de forages	12,11	34,48	36,36
Restauration des berges	10,83	6,9	18,18
Reboisement	15,89	20,69	36,36
Creusement et dragage de chenaux	0	13,79	0
Aliments de bétail	16,67	17,24	27,27
Mise en place de comité de gestion du plan d'eau	16,89	24,14	36,36
Sensibilisation	15,44	10,34	18,18
Formation	13,89	10,34	18,18
Restauration de digue	0	0	60
Autres	13,89	10,35	25,9
Pas d'avis	10,89	13,79	9,09

**Source : Enquête terrain avril 2011**

Les solutions énumérées sont en rapport avec la gravité et la fréquence des problèmes dont elles découlent.

Le degré d'envasement corrélé à la faible capacité de stockage est si négativement ressenti par les populations, que le surcreusement reste indispensable pour la pérennité de leurs ressources en eau superficielles et partant de l'équilibre global de la zone.

Elles se sont aussi rendues compte qu'une absence de gestion des biens publics naturels à travers un comité local leur a été préjudiciable, il paraît donc important d'en créer pour assurer la satisfaction des besoins en eau de tous mais aussi préserver un patrimoine.

Il existe dans chaque localité des forages, mais beaucoup de ménages considèrent qu'ils sont en nombre insuffisant. Les eaux superficielles n'étant pas toujours disponibles en quantité et en qualité, la construction de nouveaux forages reste déterminante. Cette situation est moins marquée à Tin-Akoff qui est, rappelons-le, un peu plus urbanisée que Beldiabé et Kouna, le nombre de forages est plus important et plus disponible. A Beldiabé comme à Kouna, plusieurs ménages se plaignent à la fois du nombre insuffisant de ces équipements hydrauliques, de leur position excentrée par rapport à l'ensemble des quartiers de la localité et du dysfonctionnement de la moitié d'entre eux (il existe dans chacune de ces localités deux forages dont l'un est en panne depuis des mois).

Parmi les ménages interrogés, des fonctionnaires venus travailler dans ces zones insistent sans oublier les premières solutions proposées sur le volet sensibilisation et formation des différents usagers dans un souci de développement durable. Il faut éduquer la population à la nécessité de la préservation et de l'utilisation rationnelle des ressources naturelles.

La mare de Kouna est la seule à posséder une digue qui d'ailleurs s'est effondrée à la suite de la dernière saison pluvieuse, aggravant de ce fait les problèmes existants et exposant les populations les plus proches de la zone humide aux effets des crues. La restauration de la digue est l'action la plus urgente à mettre en œuvre pour rétablir l'équilibre déjà fragile du milieu.

Les arbres jouent un rôle d'écran contre l'érosion, le reboisement serait nécessaire pour non seulement améliorer la biodiversité (source de nourriture, abris de bien d'espèces animales) mais freiner ce phénomène.

## **B. Caractéristiques hydromorphologiques du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé**

Les caractéristiques hydromorphologiques de chacun de ces plans d'eau seront décrites à partir des observations et des mesures effectuées sur le terrain et consignées sur les fiches « Qualphy » et « prospection de mare »

Il s'agit de dresser l'état et le fonctionnement des différents compartiments de la zone humide considérée.

### **1. Le fleuve Béli**

#### **a. Repérage du site, conditions et type de rivière**

Affluent du Niger, le fleuve Béli se trouve dans la commune de Tin-Akoff (localité frontalière au Mali) avec pour coordonnées géographiques latitude 14°96' Nord et longitude 0°13' Ouest.

Le monitoring s'est effectué pendant une période de 5 jours sur un secteur d'environ 6.88 km (partant du point I d'altitude 242 m et de coordonnées 14°9'70" latitude Nord et 0°16'56" longitude Ouest au point F d'altitude 235 et de coordonnées 14°9'71"13 latitude Nord et 0°10'45"2 longitude Ouest).

La situation hydraulique apparente indiquait des basses eaux car c'était la période d'étiage.

La largeur moyenne en eau est 280 m et la largeur moyenne plein bord de 310 m (estimation faite par GPS et par une corde de 50m dans une zone où le lit était asséché)

La pente est de classe faible.

La vallée est caractérisée par un relief plat et vaste, un profil dominé par de vastes plaines inondation, une pente de versant très faible à nulle. Le tracé du lit mineur est rectiligne sur environ 60% du linéaire et sinueux sur 40% du linéaire.

Sa lithologie est constituée d'argile, de limon et de sable. Les dépôts argilo-limoneux dans le lit mineur indique une perméabilité faible d'une manière générale du fond. Plusieurs affluents composés de ruisseaux, ravins et chenaux concentrent les eaux de pluies et les drainent vers le fleuve.

#### **b. Le lit majeur**

En termes d'occupation du sol sur les deux rives, on trouve des formations naturelles et des culturales. Les plantes spontanées qui occupent les deux rives sont principalement des steppes à épineux et secondairement des prairies. Des champs de mil et de sorgho s'étendent sur plusieurs hectares de part et d'autre du fleuve. A côté de ces champs de cultures pluviales, il y a sur la rive droite (en direction de Gorom) des espaces maraîchers et des pépinières d'épineux. L'urbanisation est principale du côté de rive et accessoire du côté de la rive gauche (vers le Mali).

Il existe un axe de communication qui est une route bitumée, parallèle au lit majeur, à l'extrémité.

Pour ce qui est des annexes hydrauliques, nous sommes en face d'une situation naturelle mais avec par endroit des perturbations et une perte de l'entendue ou de la diversité des annexes qui ne communiquent avec le fleuve que temporairement.

L'inondabilité se caractérise par une situation normale (avec la majorité zones inondables non modifiées ou naturellement non inondables).

### **c. Berges**

La hauteur sur l'ensemble des deux rives est inférieure à 0.2 m. Cependant sur quelques portions de berges du fleuve, la hauteur se situe dans l'intervalle 0.2-0.5 m. la longueur moyenne de ces berges est de 32 m de chaque côté des rives. La faiblesse des hauteurs est liée à la pente, en effet les berges sont plates ( $< 5^\circ$ ) en situation dominante et légèrement inclinées ( $5^\circ$  à  $30^\circ$ ) secondairement.

Elles sont toutes en matériaux naturels dominé par l'argile. A côté de l'argile, il y a des bancs de sables, des limons, des blocs et galets localisés par endroits et des végétaux.

De part et d'autre du cours d'eau, les berges accumulent des sédiments, mais sont elles-mêmes l'objet d'érosion généralisée et d'importance moyenne. L'origine de ces perturbations est liée à des traces d'érosion progressive (ravinement, des sentiers, au piétinement du bétail/surpâturage, fosses pour la fabrication de parpaings et le creusement de canaux pour l'abreuvement des animaux).

La végétation des berges au niveau des rives se distingue plutôt bien de l'occupation du sol adjacent. La bande riveraine se situe principalement sur la pente de la berge et au-delà de la crête de berge. Son importance est de l'ordre 20% du linéaire. Cette ripisylve souffre d'un défaut d'entretien, de nombreuses coupes et de déchaussage par des crues sur chaque rive. La bande riveraine est composée d'une strate arborescente dominante (*Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia raddiana*) et d'herbacée de type prairie, secondaire.

La part de la surface d'eau éclairée directement, en fonction de la ripisylve est supérieure à 75%.

### **d. Etat du lit mineur**

Le lit mineur est rectiligne avec un coefficient de sinuosité égal à 1.08.

Le secteur étudié à un débit totalement perturbé avec une situation d'assèchement totale à partir de 2.5 km de l'aval (point de départ). Cela est dû à la construction d'un barrage. En dehors de cette perturbation, certaines modifications localisées dues aux activités de pêches sont observées.

La profondeur du lit mineur varie très peu et n'excède pas 2.5 m. l'écoulement des eaux est d'un aspect ondulé avec des filets parallèles.

Les faciès sont de type plat courant peu profond ( $>50\%$ ) et chenal lentique (10-50%).

La largeur du lit mineur est variable et peu atteindre les 350 m.

Le fond est constitué essentiellement de vases, d'argiles et de limons avec par endroit du sable, des galets et des débris végétaux. Les dépôts sur le fond du lit est de type généralisé colmatant avec 75 à 90% de colmatage.

Des débris, des arbres tombés ou gros bois, des branchages encombrant ce lit. Les végétaux aquatiques sont représentés par des nénuphars dont les gousses sont cueillies et consommées par les populations, et des algues filamenteuses qui pullulent dans des flaques d'eau très peu oxygénées.



**Figure 4: Piétinement d'animaux**



**Figure 5: Algue filamenteuse**



**Figure 6: Fabrication de parpaings au niveau des berges**



**Figure 7 : Assèchement du fleuve**



**Figure 8: Erosion hydrique des berges**



**Figure 9 : Arbre mort**



**Figure 10 : Fond vaseux du lit**



**Figure 11 : Champ de mil et de sorgho**

## **2. La mare de Beldiabé**

La fiche « prospection de mare » a été utilisée pour dresser les caractéristiques hydromorphologiques des mares puisqu'étant mieux adaptée à ce type de milieu.

La mare de Beldiabé est située dans la localité de Beldiabé (Commune de Tin-Akoff) à 40 km de Gorom-Gorom avec pour coordonnées 14°77 latitude Nord et 0°129 longitude Ouest.

Du point de vue géographique :

La mare se trouve dans une vaste plaine ou fond de vallée dont le bassin versant est endoréique. Petite dépression d'environ 1.57 km<sup>2</sup>, la mare de Beldiabé est un plan d'eau naturel et temporaire situé en zone rurale.

Il existe plusieurs connexions constituées de chenaux bien marqués venant du Nord, au fond sableux et contours érodés qui draine une partie du bassin versant formé de glaciais, de sols sableux et de cuirasses ferrugineuses. L'accessibilité est aisée. Son emplacement est dans un contexte d'habitats ruraux dispersés.

La physionomie est caractérisée par une forme ovoïde plus ou moins complexe, une pente essentiellement faible, une surface en eau libre à la date du relevé égale à 1.2 km<sup>2</sup>, une pénétration de la lumière presque totale.

Pour ce qui est de la végétation, on observe une végétation aquatique composée de nénuphars, d'*Echinochloa stagnina*, *Vossia cuspidata*, sur environ 40% de la surface totale.

Les berges sur le pourtour de la mare ont un profil différent avec des pentes allant du doux au très doux. Elles sont composées de matériaux naturels (argile, limons, sable, terre et résidus biologiques) repartis de façon différente. La végétation à ce niveau est constituée à 70% d'herbacée basses (graminées et herbes lianescentes) et 30% d'arbrisseaux (*Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia raddiana*) disposés en ceinture.

Le fond de la mare est une accumulation d'éléments naturels qui sont en fait des sédiments argilo-limoneux d'épaisseur pouvant atteindre les 20 cm, de sable et accessoirement de débris organiques.

Les spécificités hydrologiques concernent :

L'eau libre : c'est une mare temporaire de profondeur maximale estimée à 80 cm

La surface libre de l'eau : des algues et matières argileuses en suspension confèrent à cette surface libre sa coloration tantôt verdâtre, tantôt brunâtre. Les polluants recensés sont de nature biologique (déjection d'animaux domestiques). L'eau de façon globale est d'un aspect turbide, toutefois ne dégage aucune odeur nauséabonde.

Alimentation principale : elle se fait par des précipitations, ruissellements superficiels et chenaux ravinés au fond sableux.

Fréquence d'entrée d'eau : Temporaire (en période pluvieuse)

Modalité des sorties : les pertes en eau se résument à l'évaporation associée aux usages de l'homme (usage domestique, abreuvement des animaux, fabrication de parpaing) et éventuellement à l'infiltration.

Fréquence de sortie : permanente

Les perturbations et dégradations sont de plusieurs ordres :

Erosion : hydrique (par ravinement, sapement), éolienne, géologique et anthropique. L'érosion hydrique et éolienne donne lieu à un envasement conjuguée à l'ensablement.

Assèchement : progressif pour devenir total, laissant un vaste espace de substrat craquelé.

Couverture végétale du bassin versant et des berges souffrant de coupes.

La faune est dominée par des espèces mamellaires domestiques, et une diversité remarquable d'oiseaux migrateurs et sédentaires qui se comptent par centaine (voir annexe : résultats des dénombrements des oiseaux d'eau). Les principales espèces recensées sont les hérons, corbeaux, tourterelles, vautours, tisserins... Les rongeurs aperçus sont représentés par des écureuils, lièvres, hérissons, souris et gerboise. La faune aquatique est composée de batraciens (crapauds et grenouilles) et de poissons dont le silure qui hiberne dans la vase. Les reptiles de la mare regroupent des serpents, margouillats. Les libellules, mouches, criquets...représentent l'essentiel des insectes.

Les ressources de la mare sont exploitées pour des besoins agropastoraux, ménagers, récréatifs, de fabrication de briques, en produits de pêche, alimentaire (gousse de nénuphars).



**Figure 12 : Berges et fond sableux de kory**



**Figure 13 : Banc de sable du bassin versant**



**Figure 14** : Nénuphars



**Figure 15** : Coupe de bois

### **3. La mare de Kouna**

Située à 16 km de la frontière Malienne dans la commune de Markoye, la mare de Kouna a pour coordonnées 14°84' latitude Nord et 0°03' longitude Est. C'est une dépression allongée d'environ 1.66 km<sup>2</sup>. De nombreuses crues ont obligé les autorités à construire un barrage (digue) qui a cédé à la suite de la dernière des pluies.

Les caractéristiques géographiques sont les suivants :

Topographie : Vaste plaine ou fond de vallée constituée de glacis et de sols sableux.

Connexion : un ensemble de ravins et de chenaux drainent vers la mare de Kouna les eaux de pluie. Parmi ces chenaux, l'un d'eux de longueur d'environ 9 km la relie directement au fleuve Béli. Au cours des investigations un recensement et une caractérisation de ces chenaux a été faite. Ce sont des fossés nés à la suite d'érosion hydrique et qui soit dévalent des flancs de colline ou innervent le bassin versant. On dénombre 57 rigoles (profondeur comprises entre 0 et 10 cm) qui sont de petites dépressions formant des ruisselets parallèles ; 30 petites ravines (profondeur allant de 10 cm à 20 cm) à fond plat et sableux disposées radialement à la mare ; 3 ravines moyennes (profondeur comprise entre 20 cm et 30 cm) ; 8 grandes ravines fonctionnant comme des korys qui sont des profondes dépressions (>30 cm) au lit divaguant dont les berges sont sujettes à l'érosion fluviale. Ces korys sont dendritiques.

Accessibilité : aisée par le biais de la route nationale 3 à partir de Gorom-Gorom

Emplacement : en contexte habitat ruraux dispersés

Sous l'aspect physionomie, la mare se distingue par une forme allongée, une pente faible, une surface maximale de l'eau libre de l'ordre 2.6 km<sup>2</sup>, une pénétration de la lumière quasi-totale. Lors des investigations, la mare était totalement à sec, il a été de ce fait difficile de d'apprécier la végétation aquatique. Cependant des résidus de plantes ont été repérés sur le fond de la mare. Il s'agit des mêmes végétaux recensés au niveau de la mare de Beldiabé

(nénuphars, d'*Echinochloa stagnina*, *Vossia cuspidata*). Il n'était pas rare de voir quelques individus de *Balanites aegyptiaca* au milieu du lieu.

Les berges ont un profil différent avec des pentes allant du doux au très doux, une composition différente selon les endroits en matériaux naturels argileux, limoneux, sableux ou en blocs rocheux et gravillonnaires.

Des végétaux qui occupent les berges sont à 60% des herbacées basses et à 40% des arbrisseaux en ceinture autour de la mare. Les espèces recensées sont identiques à celles de la mare de Beldiabé.

Des matériaux naturels (argile, limons, sable, galets...) forment le fond de ce plan d'eau. Les sédiments sont de type argilo-limoneux et sableux avec une capacité de colmatage très importante.

Les spécificités hydrologiques sont les suivantes :

Eau libre : mare temporaire de profondeur d'environ 70 cm (estimation)

Surface libre : coloration probablement brunâtre due aux matières en suspension, une pollution éventuellement biologique (déjections du cheptel) avec une turbidité plutôt importante.

Alimentation principale : A partir de précipitations, ruissellement superficiels, de chenaux et du fleuve Béli.

Fréquence d'entrée d'eau : temporaire

Modalité des sorties : Ruissellement, évaporation, usages humains (abreuvement d'animaux, usage domestique), infiltration éventuellement

Fréquence de sortie d'eau : permanente.

Les perturbations et dégradations peuvent être classées en 4 catégories :

Erosions : hydrique, éolienne, anthropique, géologique

Envasement/ensablement : drainage de particules argilo-limoneuses et sableuses des glacis et fonds de chenaux vers la mare en saison pluvieuse.

Perte de la couverture végétale : du fait de l'extension des cultures pluviales, des coupes d'arbres, du surpâturage, des crues et inondations.

Rupture de digue : ouvrage constitué d'une combinaison de matériau bétonnée et naturel (bloc rocheux) disposé en travers du chenal drainant les eaux issues du Béli. Toute la superstructure a cédé lors des dernières pluies inondant les zones riveraines (habitations, champs) et déchaussant bien d'arbrisseaux.

La faune se compose de différentes espèces mamellaires dominées par le cheptel des éleveurs, de rongeurs tels les écureuils, lièvres, gerboise, hérissons...d'une variété de familles

aviaires à savoir les ardéidés, les anatidés, les charadriidés, les scolopacidés... (Voir annexe 7: dénombrement d'oiseau d'eau douce), d'espèces aquatiques (crapauds, grenouilles, silures), de reptiles (margouillats, gecko), d'insectes (criquets, libellules...).

Les usages concernent l'abreuvement des animaux par le biais des puisards creusés dans le lit asséché de la mare, la consommation domestique.



**Figure 16 : Rupture de digue**



**Figure 17 : amas de déjection animale près des berges**



**Figure 18 : Puisard dans le lit mineur asséché**



**Figure 19 : Arbre brûlé pour du charbon**

### ***Conclusion partielle sur le diagnostic hydromorphologique du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé,***

Les plans d'eau étudiés se retrouvent toutes quasiment dans les mêmes contextes géographiques et climatiques. La qualité physique et écologique varie très peu d'une ressource à une autre. Hormis le fait que le Béli soit un cours d'eau (affluent du Niger), que les deux mares soient endoréiques et de type dépression dunaire, les problèmes recensés ainsi que leurs causes sont presque tous identiques. On distingue entre autre :

- Des problèmes communs : Paramètres climatiques défavorables (pluviométrie en baisse, température et évapotranspiration excessive...); caractéristiques pédologiques et géomorphologiques plutôt vulnérables aux perturbations mécaniques ; surexploitation/surpâturage ; dégradation du couvert végétal ; érosion, envasement/ensablement ; perte de la diversité animale.

- Des problèmes spécifiques : Rupture de digue (Kouna), activités maraîchères menaçant les berges (Tin-Akoff), fosses pour la confection de parpaings sur les berges (Tin-Akoff et Beldiabé).

Tous ces problèmes conjugués ont porté dangereusement atteinte à l'équilibre écologique de ces plans d'eau et partant de là leurs différents compartiments (lit mineur, berge, lit mineur) Le tableau VIII résume l'état des différents compartiments, des ressources connexes et les différentes perturbations recensées.

**Tableau VIII : Etat des plans d'eau**

Plan d'eau	Compartiments et ressources connexes		Etats et perturbations
<b>Béli</b>	Lit majeur		Lit majeur anthropisé par endroit (occupation par des champs, remblais), perte importante de son inondabilité
	Berge		Berges très dégradées (érosion, perte de sa bande riveraine) et occupées par divers activités humaines, pente douce
	Lit mineur		Lit mineur en grande partie asséché, envasé et ou ensablé, perturbation de son débit, pollution organique.
	Végétation		Perte du couvert végétal depuis le bassin versant jusqu'aux berges (coupes, déchaussage par crue, extension des cultures, surpâturage)
	Faune		Perte de la biodiversité, dominance des espèces domestiques et aviaires, braconnage
	Eau libre		Turbide, polluée par des déjections animale, pullulement d'algues filamenteuses, qualité médiocre
<b>Beldiabé</b>	Lit majeur		Abondance de ravins, perte du couvert végétal, proximité d'habitat
	Berge		Soumises à l'érosion, végétaux souffrant de coupe et d'un manque d'entretien, pente douce
	Lit mineur		Lit mineur en grande partie asséché, envasé et ou ensablé, pollution organique.
	Végétation		Perte du couvert végétal depuis le bassin versant jusqu'aux berges (coupes, extension des cultures, surpâturage)
	Faune		Très peu de diversité faunique
	Eau libre		Turbide, polluée par des déjections animale, pullulement d'algues filamenteuses, qualité médiocre
<b>Kouna</b>	Lit majeur		Abondance de ravins, perte du couvert végétal, proximité d'habitat, rupture de digue, crue et inondation
	Berge		Soumises à l'érosion, végétaux souffrant de coupe et d'un manque d'entretien, pente douce
	Lit mineur		Lit mineur totalement asséché, envasé et ou ensablé, pollution organique, réseau de puisards, érosion du fond
	Végétation		Perte du couvert végétal depuis le bassin versant jusqu'aux berges (coupes, déchaussage par crue, extension des cultures, surpâturage)
	Faune		Destruction de l'habitat des animaux sauvage, braconnage, perte de la biodiversité
	Eau libre		Absence d'eau libre, pollution organique éventuelle (et chimique en 2008)

*Analyse des problèmes sous le trinôme « cause, manifestation et conséquence »*

**Tableau IX: Analyse des problèmes des trois plans d'eau**

**Analyse diagnostique et aménagement de trois points d'eau (le fleuve Béli, les mares de Kouna et de Beldiabé) dans la province de l'Oudalan au Nord du Burkina Faso**

<b>Problèmes</b>	<b>Causes</b>	<b>Facteurs</b>	<b>Manifestations</b>	<b>Conséquences</b>	<b>Cibles</b>
<b>Mauvaise qualité des eaux superficielles</b>	-Rejet de déjections animales dans l'eau -prolifération algale -charriage de sédiments vaseux	-proximité des campements de transhumants -évolution du troupeau -situation des points d'eau dans la vallée (réceptacles de polluants)	-turbidité élevée -goût terricole -présence de parasites et matières en suspension -coloration verdâtre due aux algues	-Maladies hydriques -gêne alimentaire	-Hommes -Animaux -Nappe profonde
<b>Perte de la diversité faunique</b>	-Dégradation de leur habitat (arbre, terrier...) -Assèchement de l'eau -Braconnage	-Sensibilité au déséquilibre écologique -croissance démographique -Niveau d'éducation environnementale des populations	-Espèces non observables -Monospécificité -décroissance des effectifs	-Perte de la possibilité de la zone humide de devenir site RAMSAR -perte de patrimoine biologique	-Animaux -plan d'eau -paysage -Homme
<b>Dégradation de la végétation</b>	-Extension des champs -Crue et inondation -Surpâturage -Coupe -Sécheresse	-Croissance démographique -Situation par rapport au plan d'eau et dans le bassin versant -Sensibilité aux chocs climatiques	-Diminution de la densité végétale -Monospécificité	-Dégradation du sol -Erosion -Mouvement des dunes -Accentuation de la sécheresse -Pollution	-Arbre -Sols -Berges - lit majeur
<b>Assèchement lit mineur</b>	-Sécheresse (ETP, Pluie, température) -Réduction de la capacité de stockage du plan d'eau -Infiltration -Utilisation par l'homme	-Plan d'eau situé en zone sahélienne -Changement climatique -Sédimentation du fond du lit -Pression démographique	-Absence d'eau dans le lit mineur	-Soif des animaux et des hommes -Déplacement de population -Exode d'animaux	-Homme -Animaux
<b>Envasement/ensablement</b>	-Erosion -Dégradation de la végétation	-Climat et hydrologie -géomorphologie du bassin versant -pédologie -Densité végétale -Pression démographique	-Dépôt vaseux et sableux dans le lit du plan d'eau -Faible profondeur du lit	-Crue et inondation -Perte de la capacité de stockage et assèchement du plan d'eau -Déséquilibre écologique	-Plan d'eau
<b>Erosion (hydrique, éolienne, anthropique, géologique)</b>	-Sol nu -la pluie et le ruissellement -le vent -l'homme -la gravité	-Climat et hydrologie -géomorphologie du bassin versant -pédologie -Densité végétale -Activités humaines	- Rigoles, ravines et korys -Déchaussage des arbres -Pavage des cailloux et des pierres -Déplacement du sol par piétinement des animaux...	-Envasement/ensablement -Assèchement de l'eau -Destruction de la structure du sol, de l'intégrité des berges et lit majeurs	-Sol -Berges -Lit majeur -lit mineur -Eau libre

### C. Caractéristiques des bassins versants

**Tableau X : Caractéristiques des bassins versants**

Grandeurs	Bassin du Béli	Bassin de la mare de Kouna	Bassin de la mare de Beldiabé
Superficie (Km <sup>2</sup> )	15 170	157.05	26.014
Périmètre (Km)	351.41	56.383	21.077
Longueur du rectangle équivalent (Km)	126.75	20.5486	6.59
Indice global de forme (m/Km)	1.24	1.259	1.157
Altitude maximale (m)	370	347	310
Altitude minimale (m)	231	234	265
Indice global de pente (%)	7.43	9.43	1.66
Densité de drainage	0.13	0.83	1.18

### D. Etude des phénomènes de dégradations des plans d'eau

Les problèmes étant identifiés, leur appréciation et estimation peuvent se faire par différentes approches : approche qualitative et approche quantitative. Le choix de l'approche est fonction de la disponibilité de paramètres, données, équations ou même peut être abandonné au profit d'un autre en selon des contraintes pratiques. Ainsi la qualité de l'eau n'a pu être appréciée par des analyses chimiques au laboratoire pour des raisons de disponibilité de logistique (appareils de mesure, réactifs...), de temps (temps de prélèvement et de conservation trop long avant les analyses) et de distance. La qualité de l'eau tout comme le degré de dégradation de la végétation, l'assèchement ont été appréciés sur la base des observations et des résultats d'enquêtes.

Cependant pour ce qui est de l'érosion et de l'envasement/ensablement une approche par calcul sera adoptée. A cela nous ajouterons l'estimation des crues et inondations.

#### 1. L'érosion

Les érosions incriminées sont de type hydrique, éolien, anthropique et géologique. De tous ces types, seul le type hydrique sera déterminé par calcul.

Bien qu'il existe plusieurs formules, il a été retenu que trois d'entre elles car prenant en compte plus de paramètres et de détails de terrains.

Les valeurs des pluies annuelles sont celles de la station de Markoye car plus proche des zones d'étude (22km de Kouna, 25 km de Beldiabé et 43 Km de Tin-Akoff). La valeur de la hauteur de pluie de l'année 2010, Pan=477.3mm

Pour la formule de KARAMBIRI, nous avons choisi :

**Tableau XI: valeurs de h et r**

Plan d'eau	Valeur		Justifications
	h	r	
Tin-Akoff	0.7	0.1	Tin-Akoff (chef lieu de commune) est une petite ville contenu dans le bassin versant du fleuve, relief relativement plat et monotone
Beldiabé	0.4	0.1	Village moyen contenu dans le bassin versant de la mare, relief relativement plat et monotone
Kouna	0.4	0.1	Village moyen contenu dans le bassin versant de la mare, relief relativement plat et monotone

**Tableau XII: Dégradation spécifique annuelle des bassins versant par l'érosion hydrique**

Bassin versant	superficie (km <sup>2</sup> )	Dégradation spécifique annuelle (m <sup>3</sup> /Km/an) par la formule de :			moyenne
		GOTTSCHALK	GRESILLON	KARAMBIRI	
Bassin du Béli	15170	99,2829767	213,9896233	153,111338	155,461313
Bassin Kouna	157,05	156,808483	337,9772581	129,943527	208,243089
Bassin Beldiabé	26,014	187,69497	404,5484661	142,166146	244,803194

## 2. Le degré d'envasement/comblement

**Tableau XIII : Volume annuel de dépôt de sédiments dans les plans d'eau**

Bassins versants	superficie (km <sup>2</sup> )	Volume annuel de dépôt (m <sup>3</sup> /an)			Moyenne
		GOTTSCHALK	GRESILLON	KARAMBIRI	
Bassin du Béli	15170	1506122,76	3246222,586	2322699	2358348,11
Bassin Kouna	157,05	24626,7723	53079,32838	20407,6308	32704,5772
Bassin Beldiabé	26,014	4882,69695	10523,9238	3698,31011	6368,31029

Ces dépôts importants de sédiments dans les lits des cours sont à l'origine de leur comblement et donc de leur perte de capacité de stockage. Le Béli qui était par le passé un fleuve à régime permanent est devenu de ce fait un fleuve à régime discontinu. Les mares moins étendues, avec leur endoréisme sont encore plus vulnérables à ces phénomènes, ce qui porte atteinte à leur pérennité.

### 3. Etude des crues

#### a. Le volume d'eau ruisselé

Le volume ruisselé est la quantité d'eau susceptible de ruisseler après une pluie. Il se détermine suivant la relation suivante :

$$V_{r10} = A_{10} * P_{10} * K_{r10} * S$$

**Tableau XIV: valeurs des différents paramètres pour l'étude des crues**

Bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	A <sub>10</sub>	P <sub>m10</sub> (mm)	P <sub>10</sub> (mm)	K <sub>r10</sub> (%)	V <sub>r10</sub> (m <sup>3</sup> )
<b>Bassin versant du Béli</b>	15170	0,41	31,54	77	38,10	<b>18229648,7</b>
<b>Bassin versant de la mare de Kouna</b>	157,05	0,69	55,88	81	41,84	<b>367227,938</b>
<b>Bassin versant de la mare de Beldiabé</b>	26,014	0,80	65,61	82	32	<b>54623,8003</b>

Nous constatons à l'analyse du rapport volume d'eau ruisselé et superficie du plan d'eau que la mare de Kouna est plus sujette au phénomène des crues et des inondations. C'est ce qui explique la présence d'une digue qui malheureusement a cédé lors des pluies de juillet 2010 avec une hauteur de 223.3mm (hauteur de pluie de ce mois supérieure à sa moyenne de 176.65mm). La mare de Beldiabé de ce point de vue est moins vulnérable. On observe en outre des zones au niveau du fleuve Béli soumises à l'inondation.

### E. Analyse et interprétation des besoins en eau

#### 1. Besoins journalier des hommes

Le tableau XV présente les besoins estimés et calculés des hommes selon les localités. Les besoins estimés sont basés sur une valeur moyenne de 15l/personne (considération des populations rurales), les besoins réels sont calculés sur la base des enquêtes de terrain.

**Tableau XV: Besoin en eau superficielle des hommes**

Localités	Besoins estimés (L)	Besoins réels (L)
<b>Tin-Akoff</b>	32400	43200
<b>Beldiabé</b>	39975	53300
<b>Kouna</b>	7740	6708

Les besoins en eau sont à la fois liés à la population totale de la localité et à la disponibilité de forages. Cependant l'éloignement des forages ainsi que leur nombre insuffisant, les efforts liés à l'exhaure, l'attente et les pannes font que les habitants exploitent les eaux superficielles pour leurs besoins ménagers (boisson, cuisine, lessive...).

## 2. Besoins journaliers des animaux

**Tableau XVI : Besoins journaliers des animaux**

Localités	Besoin en eau (l)				
	Bovins	Petits ruminants	Anes	chameaux	Total
<b>Tin-Akoff</b>	57600	14400	4680	1440	78120
<b>Beldiabé</b>	124320	39960	5772	540	170592
<b>Kouna</b>	65360	8170	3354	1720	78604

## 3. Besoins en eau mensuels liés au maraîchage

**Tableau XVII : Besoin en eau mensuel du maraîchage**

Mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	total annuel
<b>ETP</b>	141	140	167	165	186	173	159	145	151	161	144	139	1869
<b>ETM</b>	295	163	0	0	0	0	0	0	0	626	869	849	2802
<b>RU</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2621	0	0	
<b>P</b>	0	0	0	0	3	57	177	115	96	30	0	0	477
<b>Pe</b>	0	0	0	0	0	24	96	59	48	8	0	0	276
<b>Bn</b>	32221	17828	0	0	0	0	0	0	0	65730	94850	92734	303363

## 4. Besoin en eau total mensuel de chaque localité

**Analyse diagnostique et aménagement de trois points d'eau (le fleuve Béli, les mares de Kouna et de Beldiabé) dans la province de l'Oudalan au Nord du Burkina Faso**

Localités	Usagers	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
<b>Tin-Akoff</b>	Hommes	1339,2	1209,6	1339,2	1296	1339,2	1296	1339,2	1339,2	1296	1339,2	1296	1339,2	15768
	Animaux	2421,72	2187,36	2421,72	2343,6	2421,72	2343,6	2421,72	2421,72	2343,6	2421,72	2343,6	2421,72	28513,8
	Maraîchage	32221	17828	0	0	0	0	0	0	0	65730	94850	92734	303363
	Total	35981,92	21224,96	3760,92	3639,6	3760,92	3639,6	3760,92	3760,92	3760,92	3639,6	69490,92	98489,6	96494,92
<b>Beldiabé</b>	Hommes	1652,3	1492,4	1652,3	1599	1652,3	1599	1652,3	1652,3	1599	1652,3	1599	1652,3	19454,5
	Animaux	5288,352	4776,576	5288,352	5117,76	5288,352	5117,76	5288,352	5288,352	5117,76	5288,352	5117,76	5288,352	62266,08
	Maraîchage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	6940,652	6268,976	6940,652	6716,76	6940,652	6716,76	6940,652	6940,652	6940,652	6716,76	6940,652	6716,76	6940,652
<b>Kouna</b>	Hommes	207,948	187,824	207,948	201,24	207,948	201,24	207,948	207,948	201,24	207,948	201,24	207,948	2448,42
	Animaux	2436,724	2200,912	2436,724	2358,12	2436,724	2358,12	2436,724	2436,724	2358,12	2436,724	2358,12	2436,724	28690,46
	Maraîchage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	2644,672	2388,736	2644,672	2559,36	2644,672	2559,36	2644,672	2644,672	2644,672	2559,36	2644,672	2559,36	2644,672

Le tableau ci-dessus montrent que les besoins en eau totaux sont de 303 363 m<sup>3</sup> ; 81 720.58 m<sup>3</sup> et 31 138.88 m<sup>3</sup> respectivement pour la localité de Tin-Akoff, Beldiabé et de Kouna. Le Quantité d'eau au niveau de Tin-Akoff dépasse de loin les besoins des deux autres localités du fait de la demande en eau pour les cultures maraîchères de cette localité. En outre, il faut signaler que ces demandes ne sont toutes couvertes par les plans d'eau puisque les mares tarissent très souvent en période de saison sèche. De ce fait les besoins inassouvis en eau des hommes et des animaux en période de sécheresse sont comblés par les eaux des puits et les forages. Ces valeurs sont donc de ce point de vue un indicateur notable des problèmes d'eau en saison non pluvieuse et quand les mares sont à sec, de plus leur calcul donne une idée des travaux à réaliser lors des aménagements notamment en termes de surcreusement.

## **V. Aménagement et gestion participative du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé**

### **A. Les aménagements hydro-agricoles**

Sur la base de problèmes posés par les populations, des constats lors des visites de terrains, des caractéristiques physiques et socio-économiques, des solutions déjà mises en œuvre dans des travaux similaires au notre seront proposés.

Quelques détails sur leur mise en œuvre pratique sont énumérés solution par solution au niveau de l'annexe 8.

#### **1. Les aménagements hydrauliques et de conservation des eaux et des sols**

Les problèmes énumérés plus haut (mauvaise qualité de l'eau, perte de la biodiversité, dégradation de la végétation, assèchement des plans d'eau, envasement, ensablement, érosion...) sont liés comme nous l'avons constaté à l'accentuation de la sécheresse, à la pression démographique et impacts des activités humaines sur les ressources naturelles et aux caractéristiques propres aux différents bassins versants étudiés. Ces problèmes vont des plans d'eau aux bassins versants et perturbent l'équilibre écologique et social.

Parmi les perturbations, la dégradation des sols et des eaux restent majeur. Les solutions doivent contribuer à restaurer à court, moyen et long terme.

##### **a. Les luttes antiérosives**

Les érosions rencontrées sont de type éolien, hydrique, anthropique et fluvial. Les solutions suivantes à la fois curatives et préventives se rapportent à chaque cas de figure afin d'endiguer ce phénomène de façon à garantir les besoins des hommes et préserver l'équilibre écologique globale de chaque milieu.

- **Lutte contre l'érosion éolienne**

La nudité du sol étant l'un des facteurs majeur prédisposant un bassin versant à l'érosion éolienne dont les conséquences visibles, sont la mise en mouvement des dunes et l'extension des glacis, il s'agira de couvrir les zones exposées.

Vu l'ampleur des constats, deux techniques parmi tant d'autres ont été retenues : les brise-vent/haies vives et la technique de fixation des dunes.

L'objectif est de réduire au moins 20% de la vitesse du vent, à 1m au-dessus du sol, on peut considérer que la zone protégée s'étend sur une distance égale une à 5 fois la hauteur du brise-vent du côté au vent et 10 à 15 fois de cette hauteur du côté sous le vent.

Pour ce faire des arbrisseaux locaux (*Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica* et *Ziziphus mauritiana*) qui présentent les caractéristiques telles que feuilles, persistantes, croissance rapide, encombrement réduit, système racinaire moins exigeant... sont retenus pour briser la cadence du vent et partant de là l'évaporation.

Le principe de la fixation des dunes est d'empêcher au sable de se déplacer pendant un temps suffisamment long pour permettre à la végétation naturelle ou plantée de s'y développer.

Deux méthodes y sont appliquées, à savoir les palissades en tige de mil. La deuxième partie de cette installation est faite de boutures d'euphorbes.

- Lutte contre l'érosion hydrique

Les eaux de pluies, dans leur trajet vers les plans d'eau charrient par ruissellement des sédiments du bassin versant. Au cours de son parcours, il creuse des dépressions (rigoles, ravines, korys...) qui sont elles sujettes à l'érosion fluviale.

Les techniques proposées visent à dissiper les eaux de ruissellement, augmenter l'infiltration des eaux de pluie et combler ces dépressions.

La première technique combine les seuils et les cordons pierreux destinés à traiter les dépressions érosives et à réduire les écoulements lamellaires sur les sols.

Les cordons pierreux sont des barrières mécaniques d'arrêt ou de freinage des eaux de ruissellement placées le long des courbes de niveau, pour réduire l'érosion. Elles sont proposées pour traiter les rigoles et les petites ravines de profondeur variant de 0.2 m à 0.8 m ; les plaines sujettes aux ruissellements intenses. Les seuils sont indiqués pour les ravins moyens et Korys.

La deuxième technique est la mise en place de bande enherbée et de tranchée de reboisement.

Dans les zones où la densité végétale est faible (en dehors des zones d'habitation et des champs), l'option de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) est proposée aux fins d'épargner et entretenir certains arbustes (arbres utiles et à usage multiple), de façon à reconstituer le couvert ligneux sur les champs.

On associe à cette technique la plantation d'arbres notamment des arbres fruitiers pour assurer l'appropriation effective et individuelle de la terre. Certains arbres seront disposés au flanc

dans la continuité des pieds de colline, d'autres aux abords des champs et zones relativement dénudées de leur ligneux.

Les bandes enherbées sont des bandes de végétation permanentes d'herbe, d'arbustes établis le long des courbes de niveau dans les champs. Etablies perpendiculairement au sens des écoulements diffus et suivant des critères adéquats liés aux sols, aux pentes, à l'occupation du sol et aux pluies, les bandes enherbées.

La restauration des berges par des techniques végétales antiérosives sera détaillée plus aval.

### **b. Surcreusement et imperméabilisation des plans d'eau**

Les dépôts annuels de sédiments équivalant à  $2358348.11\text{m}^3$  ;  $32704.5772\text{m}^3$  et  $6368.31\text{m}^3$  respectivement dans le Béli, la mare de Kouna et la mare de Beldiabé sont si importants que si rien n'est fait, à la longue cela risquerait d'entamer la pérennité de ces ressources naturelles. Les solutions contre l'érosion ayant été proposées, des actions plus ponctuelles au niveau de ces trois plans doivent être entreprises. Il s'agit de curer la mare tout en maintenant au mieux son imperméabilité pour empêcher l'infiltration (néfaste pour le stock d'eau).

La profondeur moyenne à creuser est de 1.1m pour la mare de Beldiabé, 1.3 m pour la mare de Kouna et 0.5m pour le Béli, ce qui correspond à un volume de sédiment de curage égal à  $1\ 727\ 000\ \text{m}^3$ ,  $2\ 158\ 000\ \text{m}^3$  et  $21\ 000\ 000\ \text{m}^3$  pour ces plans d'eau pris dans ce ordre.

La mise en œuvre consiste à évacuer les sédiments au moyen de dragues et de camions après mise à sec du bassin. Les volumes de dépôt de l'ordre du million sont si importants qu'ils nécessitent un vaste espace pour le dépôt de la vase. Pour la gestion de ces sédiments, nous proposons trois options : Pour la localité de Kouna, utilisation d'une partie pour restaurer la digue effondrée, une autre partie sera épandue dans les champs avec l'accord des agriculteurs (rappelons que la vase des plans est très riche en éléments minéraux qui peuvent amender les sols) et la dernière partie mise en dépôt.

La gestion des sédiments des deux localités prendra en compte uniquement que les deux dernières options (épandage et mise en dépôt)

Le dragage nécessite que l'on doive trouver un site pour le dépôt de la vase. Une étude de recherche de site est alors recommandée d'où la nécessité d'études (géophysiques, géotechniques etc.) et la négociation avec les responsables fonciers.

Le site de dépôt peut être un bassin creusé dans la terre sans étanchéité particulière, il doit se situer dans une zone non inondable, facile d'accès et proche du site à curer de manière à simplifier le transport des sédiments extraits. Une étude d'usage du futur site doit être effectuée en même temps que le plan de mise en dépôt. Les usages de ces sites peuvent être : l'aménagement et l'entretien d'une zone de loisir, la culture alimentaire et non alimentaire.

### **c. Dispositif de restauration des berges**

De toutes les mesures existantes pour restaurer les berges, les techniques végétales demeurent les plus utilisées et les mieux adaptées (Vernier G., 2010). Lors des visites de terrain, il s'est avéré que les berges présentent les mêmes problèmes à savoir l'érosion due au piétinement du bétail, au ruissellement diffus des eaux et aux activités économiques (confection de parpaings, maraîchage dans le cas particulier du Béli) ; la dégradation de la ripisylve ; pente faible constituée de matériau d'accumulation naturel (argile, sable, limon, débris organiques) ; lieux de dépôt de déjection animale.

Les solutions proposées visent à restaurer l'intégrité et les fonctions de ce compartiment important du plan d'eau. Plusieurs méthodes existent, une seule sera détaillée dans cette séquence, les autres un peu plus en avant.

Il s'agit d'implanter sur toute l'étendue des berges et au delà de la crête des bandes herbeuses pour freiner le ruissellement, favoriser l'infiltration et retenir les sédiments. Les herbacées choisies dans notre cas sont *Echinochloa stagnina*, *Vossia cuspidata*. Ces graminées en plus de rendre les berges et les rives plus résistantes à l'érosion, constituent, on le sait, un pâturage apprécié des animaux. Enfin, elles sont de véritables niches écologiques (cache d'oiseau, milieu de vie d'insectes, zones d'alimentation des oiseaux)

### **d. Dispositif d'évacuation des crues (digue)**

Les données sur les caractéristiques et les crues de chaque plan d'eau et leur bassin versant indiquent que la mare de Kouna est plus tributaire d'une digue. Cet ouvrage existe, cependant il a été détruit à la suite de la saison pluvieuse de 2010. Les actions à mener dans ce cas de figure est une réhabilitation pure et simple. Pour éviter une autre rupture, il faut tenir compte des valeurs de crue et ruissellement afin d'élaborer une conception mieux adaptée et durable remplissant les fonctions qui sont due à une digue.

Il s'agira de construire un talus constitué de gabions, de terre et de béton, dont le rôle est d'assurer un écoulement de sécurité dépassant la capacité de stockage de la mare (talus d'évacuation des eaux d'inondation ou talus de radier) (**Technique d'exploitation des ressources en eau, 2001**). Le relief du bassin versant de la mare de Kouna est doux, l'ancienne digue avait une épaisseur de 80 cm, une longueur d'environ 312m et une hauteur avoisinant les 2 m.

## **2. Les aménagements agricoles**

### **a. Pour les cultures maraîchères**

Le maraîchage est une activité très importante dans la localité de Tin-Akoff, mais cette activité présente des risques environnementaux du fait de la position des champs par rapport au plan d'eau. Les actions à mener auront pour effet de rendre durable cette activité mais créer les conditions pour ne pas d'avantage porter atteinte à l'intégrité du fleuve. Il s'agit tout d'abord dans une approche participative de faire respecter les dispositions prévues par la loi (GIRE et PAGIRE) en termes de gestion des eaux superficielles naturelles. En effet cette loi préconise le respect d'une bande de servitude d'au moins 50m.

L'action suivante est la construction de puits maraîchers modernes à moyen d'exhaure mécanique pour l'exploitation des eaux souterraines et assurer les besoins en eau de leurs plantes.

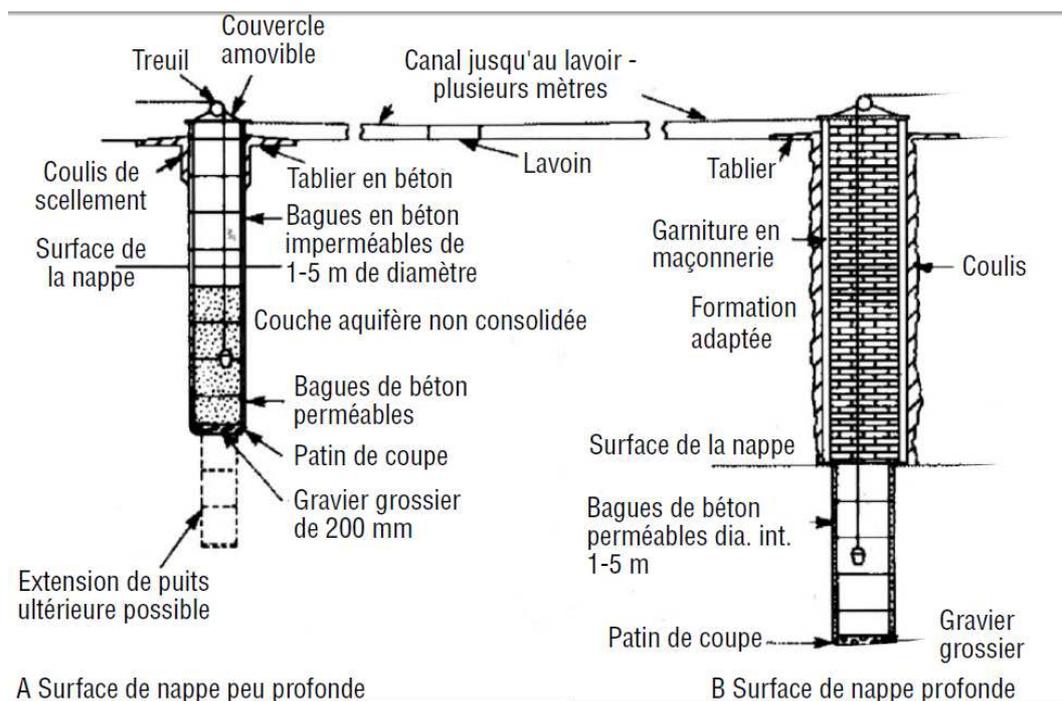
Ils seront éloignés des berges mais dans un rayon de 200m des maraîchers afin de minimiser le transport.

### **b. Pour l'élevage**

Le constat étant qu'en saison pluvieuse, les mares tarissent, poussant les éleveurs à la transhumance, vu que le bétail ait une part importante dans l'érosion des berges et la pollution des eaux, deux solutions combinées sont proposées :

- La construction de puisards modernes. Les puisards sont faits en matériau bétonné avec comme moyen d'exhaure le seau. Une étude hydrogéologique doit être menée au préalable sur les sites sélectionnés dans les environs des rives et éventuellement près des habitations car le volume exploitable des eaux souterraines et la profondeur nécessaire du puits varient selon les emplacements, la distance depuis la source de recharge des eaux souterraines, fleuve par exemple, l'état de la couche aquifère... Par

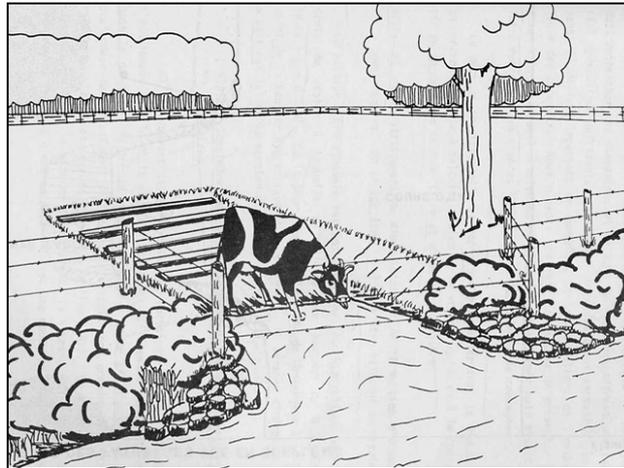
exemple, le volume d'eau pompable par puits dans une couche aquifère du socle est beaucoup plus faible que celui pompable dans une couche alluviale (**Technique d'exploitation des ressources en eau, 2001**). Pour obtenir de l'eau souterraine à coup sûr, l'estimation préalable de la profondeur du socle, et la sélection des emplacements adaptés pour les puits sont nécessaires. Le sondage d'étude est la méthode la plus sûre pour estimer la profondeur du socle. Notons que l'eau de ces mêmes puits peut servir à d'autres usages notamment ménagers, de fabrication de parpaings....



**Figure 20 : Exemple de structure de puits moderne à trou de grand diamètre (Clark, 1988)**

- Le second procédé consiste à aménagement des voies d'accès à la ressource en eau.

Il est vrai que l'option précédente est nécessaire et permet de couvrir une partie des besoins en eau, cependant pour des raisons d'habitude, de commodité et de facilité d'accès à l'eau, les éleveurs auront toujours tendance à se diriger plutôt vers les points d'eau en période pluvieuse. Ainsi pour satisfaire les besoins hydriques des animaux tout en atténuant l'impact de leur présence aux abords de la ressource en eau, nous proposons l'aménagement de voies d'accès. Ce sont de légères dépressions rectangulaires creusées dans certaines zones de la berge au contact direct de l'eau.



**Figure 21 : Voie d'accès à l'eau de bétail**

### **3. Les aménagements d'adduction d'eau potable**

Malgré la présence de forages dans chacune des localités où s'est effectué le travail, il ressort des enquêtes que les populations utilisent très quotidiennement les eaux superficielles pour leurs besoins ménagers (boisson, cuisine, lessive...). Les raisons déjà évoquées sont le nombre insuffisant de ces ouvrages, leur panne fréquente, l'effort d'exhaure, la distance à couvrir pour y avoir accès, les files d'attente... En outre plusieurs personnes ont affirmé que les eaux superficielles sont de mauvaise qualité. Nos constats d'usage ont mis en évidence cet état de fait (pullulement d'algues filamenteuses à la surface de l'eau, la colorant anormalement, présence de parasite, turbidité importante de l'eau, pollution biologique et bactériologique par les déjections animales...).

Au regard de toutes ces considérations ainsi que de la loi, dans le but de satisfaire les besoins hydriques des populations et préserver leur santé, nous proposons la réhabilitation et la construction de nouveaux forages à PMH. Les puits décrits précédemment peuvent entrer dans ce cadre. Ces forages seront disposés de façon à respecter une certaine équidistance entre les différents quartiers de chaque localité.

## **B. Proposition de mode de gestion des trois plans d'eau ainsi que de leurs ressources connexes**

### **1. Mise en place de structures locales de gestion des ressources de chaque zone humide (CLE)**

La perte de l'équilibre global des plans d'eau est en partie liée à une mauvaise utilisation et à une mauvaise gestion de ceux-ci.

La question de l'eau s'est tellement posée avec acuité ces dernières décennies au Burkina Faso, qu'il a été adoptée une Politique Nation de l'Eau accompagnée de loi (loi N°002-2001/AN portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau GIRE) et décret d'application (**DECRET N° 2003-220/PRES/PM/MAHRH du 6 mai 2003(JO N°21 2003 du 22 mai 2003)**). L'article 47 de la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau indique que « L'utilisation de l'eau exige de chacun qu'il participe à l'effort de la Nation pour en assurer la gestion. Ceux qui, par leur activité, rendent nécessaires ou utiles des interventions publiques ou privées en vue de préserver ou de restaurer la qualité de l'eau, de répondre aux besoins correspondant aux utilisations qui en sont faites ou d'assurer la conservation des écosystèmes aquatiques, supportent la charge de ces interventions ou contribuent à leur financement ».

Ainsi donc, dans un souci de développement durable, il apparait une grande nécessité de mettre en place des Comités Locaux de l'Eau en appuie aux organisations autochtones existantes pour une utilisation rationnelle et une protection des ressources naturelles des zones humides. Ces CLE prévus dans le PAGIRE seront une continuité de l'Etat pour une gestion efficace de l'eau en visant l'équité entre les différents acteurs et l'entretien courant des ouvrages hydrauliques.

La composition du bureau des CLE ainsi que la mise en place des textes, cahiers de charges et objectifs se feront dans une approche participative pour assurer une implication et une participation de toutes les couches et catégories sociales.

Les membres de ces comités seront composés par exemple du chef de village, des chefs de sous quartiers, des représentants de chaque secteur d'activité (élevage, agriculture, pêche, fabrication de parpaings, maraîchage, chasse...), une représentante des femmes et un représentant de jeune.

Les textes seront une combinaison des dispositions relatives à la gestion de l'eau prévues par le code de l'eau, le PAGIRE et le code de l'environnement, et des réglementations édictées de façon locale après concertation des différents usagers.

Chacune de ces organisations sera aidée dans sa tâche par les autorités municipales et des représentants de Comité de Gestion de Bassin.

## **2. Sensibilisation et communication**

Pour assurer la pérennité et la qualité des ressources en eau superficielle, il est important d'amener les populations locales à connaître les fonctions des plans d'eau et la nécessité de leur gestion. A cet effet, des campagnes de sensibilisation et de communication doivent être menées par des structures spécialisées de l'Etat et des organisations privées (ONG par exemple) à l'endroit de chaque composante de la société (les femmes, les jeunes, les hommes, les chefs de villages, les enfants, les acteurs économiques...). L'objectif étant de faire intégrer l'aspect environnement dans les préoccupations des populations et amener chaque usager à s'impliquer dans la protection des ressources naturelles. Les communications iront dans le sens d'une éducation environnementale avec de la logistique moderne (documentaires interprétés, photographies...).

Une politique d'écotourisme peut-être mise en place pour faciliter l'attraction de touristes. Les jeunes du village peuvent se constituer en guide. Les revenus éventuels serviront à la réalisation de projets villageois.

Par la suite le relai sera remis aux CLE qui non seulement continueront le travail de sensibilisation, mais aussi feront appliquer la réglementation en matière de protection des plans d'eau à savoir la protection des berges (délimitation, reboisement, bande de servitude de 50 à 100 m, l'interdiction formelle de les occuper durablement), l'usage de produits phytosanitaires à base d'essences locales et de fumure organique, le non rejet dans l'eau de toute substance polluante ou toxique. Il faut aussi prévoir des peines et amendes pour toute infraction.

## **3. Formation des différents usagers**

Il a été constaté que certaines pratiques constituaient des facteurs aggravant de la dégradation et de la perturbation des bassins versants. On peut citer par exemple, les mauvaises pratiques culturelles (dessouchage précoce des pieds de mil ou sorgho, occupation des berges pour le maraîchage), le creusement dans les berges de fosses pour la confection des parpaings...

Pour endiguer ces mauvaises pratiques, nous suggérons une formation assurée toujours par des structures spécialisées de l'Etat ou des ONG en l'endroit de chaque type d'opérateur économique.

On devra former étape par étape les agricultures sur des pratiques saines non dégradantes de l'environnement, les maraîchers, les fabricants de parpaings.... Ces formations viseront un double but : éviter de porter atteinte à l'environnement et accroître les revenus.

### C. Evaluation financière

**Tableau XIX : Evaluation financière des investissements**

Désignation	Coût en F CFA et programmation			
	An 1	An 2	An 3	Sous totaux
<b>Etude APD, contrôle, suivi travaux</b>	25000000	25000000	10000000	60000000
<b>Lutte antiérosive</b>	3178960	3178960	1589480	7947400
<b>Surcreusement des plans d'eau</b>	395800000	0	0	395800000
<b>Dispositif de restauration des berges</b>	16000000	4000000	0	20000000
<b>Réhabilitation de digue</b>	12000000	0	0	12000000
<b>Puits et puisards</b>	25600000	25600000	12800000	64000000
<b>Trame d'accès du bétail</b>	1600000	0	0	1600000
<b>Construction de forage</b>	18720000	18720000	9360000	46800000
<b>Mise en place de CLE</b>	3000000	0	0	3000000
<b>Renforcement de capacité</b>	7200000	2400000	2400000	12000000
<b>Total+ 10% arrondi</b>		<b>685 462 140</b>		

**D. Matrice d'hierarchisation des actions à mener**

**1. Scores standardisés avant classement**

**Tableau XX : scores standardisés avant classement**

Actions	Coût	B1	B2	B3	B4	B5	Scores finaux
Etude APD, contrôle, suivi travaux	0,854887984	0	0	0	1	0,5	<b>0,3427</b>
Lutte antiérosive	0,987404786	0,5	0,25	0	1	0,75	<b>0,5494</b>
Surcreusement des plans d'eau	0	0	1	0	1	0,75	<b>0,5500</b>
Dispositif de restauration des berges	0,956720978	0,5	0	0	1	0,75	<b>0,4978</b>
Réhabilitation de digue	0,977087576	0,2	0,6	0	1	0,6	<b>0,5289</b>
Puits et puisards	0,844704684	0,666666667	1	0,5	0,333333333	0	<b>0,5172</b>
Trame d'accès du bétail	1,003564155	0	0	0,6666667	1	0,333333333	<b>0,3835</b>
Construction de forage	0,888492872	0	1	1	0,166666667	0,166666667	<b>0,4611</b>
Mise en place de CLE	1	0,2	1	0	0,8	0,6	<b>0,5700</b>
Renforcement de capacité	0,977087576	1	0	0	1	0,5	<b>0,5489</b>
<b>Pondération</b>	<b>0,05</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>

**2. Plan d'actions d'aménagement et de gestion du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé**

Afin de restaurer, préserver et valoriser ces trois zones humides en vue de garantir à la fois les besoins des populations et la pérennité de ces ressources, l'élaboration d'un plan d'actions reste nécessaire. Les problèmes ayant été énumérés ainsi que les solutions, ce plan d'actions définit les tâches et tout ce qui les accompagnent pour la réalisation du but final.

**Analyse diagnostique et aménagement de trois points d'eau (le fleuve Béli, les mares de Kouna et de Beldiabé) dans la province de l'Oudalan au Nord du Burkina Faso**

**Tableau XXI : Plan d'actions**

N° d'ordre	Actions/Tâches	Responsables/Acteurs	Lieux	Moyens	Coûts (F CFA)	Périodes
1	Mise en place de CLE	ONG A.G.E.D; Structures Etatiques	Dans chaque localité	Approche écosystémique ; expertise de l'ONG et institutionnelle	3 000 000	1 an
2	Surcreusement des plans d'eau	ONG A.G.E.D ; Structures Etatiques ; Sous-traitance	Au niveau de chaque plan d'eau	Expertise nationale ; appui technique et financier ; équipements de base et appui institutionnel	395 800 000	1 an
3	Lutte antiérosive	ONG A.G.E.D ; Structures Etatiques ; Sous-traitance	Les bassins versants et berges de chaque plan d'eau	Expertise nationale ; appui technique et financier ; équipements de base et appui institutionnel	7 947 400	3 ans
4	Renforcement de capacité	ONG A.G.E.D; Structures Etatiques	Au niveau de chaque localité	Expertise de l'ONG et institutionnelle ; supports audiovisuels et analogiques	12 000 000	3 ans
5	Réhabilitation de digue	ONG A.G.E.D ; Structures Etatiques ; Sous-traitance	Mare de Kouna	Expertise nationale ; appui technique et financier ; équipements de base et appui institutionnel	12 000 000	1 an
6	Puits et puisards	ONG A.G.E.D ; Sous-traitance	Au niveau de chaque localité	Expertise nationale ; appui technique et financier ; équipements de base et appui institutionnel	64 000 000	3 ans
7	Dispositif de restauration des berges	ONG A.G.E.D ; Sous-traitance	Au niveau des berges de chaque plan d'eau	Expertise de l'ONG ; appui technique et financier ; intrants	20 000 000	2 ans
8	Construction de forage	ONG A.G.E.D ; Sous-traitance	Au niveau de chaque localité	Expertise nationale ; appui technique et financier ; équipements de base et appui institutionnel	46 800 000	3 ans
9	Trame d'accès du bétail	ONG A.G.E.D ; Sous-traitance	Au niveau des berges de chaque plan d'eau	Expertise nationale ; appui technique et financier	1 600 000	1 an
10	Etude APD, contrôle, suivi travaux	ONG A.G.E.D ; Structures Etatiques ; Sous-traitance	Au niveau de chaque localité	Expertise nationale ; appui technique et financier	60 000 000	3 ans

## CONCLUSION

Le travail qui a consisté à l'analyse diagnostique et l'aménagement du fleuve Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé s'est révélé capital dans la mesure où il a permis d'appréhender d'une part les rôles et fonctions de ces trois plans dans l'équilibre écologique et socio-économique des zones où ils sont implantés, et d'autres parts de déceler de façon objectives les problèmes qui les minent.

En effet les problèmes recensés et quantifiés sont réels et ont pu être caractérisés selon leurs causes, leurs manifestations et conséquences.

Pour aboutir aux objectifs, des visites prospectives ont été menées afin d'évaluer par des prises de vue, des localisations et des mesures, la qualité physique de chacun de ces plans d'eau. Par la suite dans une approche participative, des enquêtes de ménages et des entretiens ont été effectués afin d'avoir le point de vue des populations sur l'état de leurs ressources ainsi que leurs propositions de solutions.

Il s'est avéré que:

- ✓ Les caractéristiques physiques et socio-économiques ont une grande influence sur l'équilibre global de ces plans d'eau.
- ✓ Ces plans d'eau ainsi que leurs bassins versant sont dans un mauvais état de sorte que si rien n'est fait, la survie des populations et la biodiversité en pâtiront.
- ✓ Qu'il existe des solutions d'aménagement et de gestion à même de restaurer et protéger ces ressources dans un souci de développement durable.

Mue des conclusions des visites, enquêtes et entretiens, un ensemble d'actions/projets budgétisés ont été conçues pour satisfaire les besoins des populations locales et garantir la pérennité de chaque plan d'eau.

le temps plutôt court pour réaliser cette étude, l'insuffisance du matériel de travail ont été des contraintes significatives qui ne nous ont pas permis de traiter à fond certains problèmes à savoir l'inventaire détaillé de la biodiversité faunique, la qualité réelle de ces eaux très souvent consommées par les populations et le bilan hydrologique de chaque plan d'eau.

Aussi serait-t-il judicieux que des études plus approfondies concernant ces aspects soient menées ?

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGED, SNV, CRUS, (2010)** : Etude pour la sécurisation de ressources foncières pastorales autour du « forage Christine » dans la province de l'Oudalan 132p.
- Arnal (1984)**, note technique BRL
- Bilgo A. (2009-2010)**, cours sur la conservation des sols et gestion des systèmes naturels, 32p
- Buzingo E. (1993)**, Inventaire des barrages, des retenus d'eau des terres irrigables, des bas-fonds, des périmètres maraîchers du sahel Burkinabé (oudalan, Séno et soum)
- Chevallier P., Claude J. et al (1985)** Pluie et crues au sahel : Hydrologie de la mare d'Oursi (1976-1981), 251p
- CIEH, ORSTOM (1998)**, Crue et apports, manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahéenne et tropicale sèche. 295p
- Clark L., (1988)**: The field guide to water wells and boreholes. *Geological society of London professional handbook*. Series, John Wiley, 155p
- Claude J. (1983)**, Aménagement de mares temporaires comme points d'abreuvement de saison sèche au sahel voltaïque.
- Décret n°2001-126 PRES** du 03 avril 2001 portant approbation de la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau.
- Décret n°2003-220/PRES/PM/MAHRH** portant approbation du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des ressources en Eau (PAGIRE).
- Diop A., Diaw I. et al (2002)** : les mares de la zone sylvopastorale du Sénégal : tendances évolutives et rôle dans les stratégies de production des populations pastorales
- Doorenbos A., Pruitt D. (1976)** : Evaluation des besoins en eau des cultures
- Ifagraria (1986)**, Etude de reconnaissance des mares dans le département de Zinder : mare de Kissambana.
- INSD (2008)**. Résultat préliminaire du recensement de la population et de l'habitat de 2006 du Burkina Faso. Ministère de l'économie et du développement du Burkina Faso. 51p.
- Karambiri H., (2009)**, Aménagement et gestion de l'eau : *cours d'aménagement des cours d'eau*.
- Karambiri H., (2009)**, Etude des précipitations et des écoulements : *cours d'aménagement des cours d'eau*.
- Leroux N. (2004)**, Méthode d'analyse multicritère

**Lhostev P., Dolle V. et al (1993)**, Besoins en eau de divers animaux en diverses situation, en quantité et en fréquence, zootechnie des régions chaudes : les systèmes d'élevage, CIRAD (1993).

**Loi n° 002.2001 AN du 08 février 2001** portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau

**Oueda G. (2003)**, synthèse des opérations de dénombrement des oiseaux d'eaux du Burkina Faso, Campagne 2003, période janvier-février 26p.

**Ouedraogo L., Ouedraogo R. et al (2003)**, Mission exploratoire en vue d'une proposition d'un projet d'aménagement et de gestion durable de la mare d'Oursi

**Plan de développement communal de Markoye (2010-2014), (juillet 2009)**

**Plan de développement communal de Tin-Akoff, (aout 2009)**

**Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA du Burkina Faso), (Novembre, 2007)**

**Recensement général de la population et de l'Habitât (2006)**

**Rodier J A. (1975)**, Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel Tropical Africain. *Collection: Travaux et documents de l'ORSTOM* 121p.

**Schéma régional d'aménagement du territoire du sahel (1998-2025), Rapport final**

**Société japonaise des ressources vertes, (2001), Guide technique du développement des ressources en eau, 46p**

**Vernier G., Duchâtelet J. (2010)**, Evaluation de la qualité physique des cours d'eau : cours d'aménagement des cours d'eau

**Vernier G., Verstraeten M., (2010)**, Aménagement des berges et biodiversité : *cours d'aménagement des cours d'eau*

**Zougmoré R., Zida Z. et al (2005)**, lutte antiérosive et amélioration de la productivité des sols par l'aménagement des cordons pierreux, *fiche technique*

*n°12/2005/CNRST/INERA/GRN-SP/Projet jachère 2-3*

**Annexes**

**Annexe1 : données climatiques relative au Béli et aux mares de Kouna et de Beldiabié**

**Tableau I: Température moyenne mensuelle (Dori)**

Années	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	MOY
1981	21,8	26,7	30,8	33,6	33,8	32,9	29,7	28,9	29,9	31,3	26,1	23,5	29,1
1982	21,9	25,8	29,5	33,9	33,7	31,7	30,6	27,9	30,8	31,1	26,3	23,1	28,9
1983	21,1	27,7	29,0	34,1	35,4	32,4	30,4	28,9	30,9	29,7	27,0	24,2	29,2
1984	22,4	24,5	30,6	26,9	34,4	32,6	31,5	30,7	29,7	30,7	28,4	23,0	28,8
1985	24,4	25,7	31,1	32,5	35,1	33,8	29,6	28,5	29,3	30,4	27,7	22,6	29,2
1986	22,1	27,6	30,1	35,3	34,4	32,5	29,6	28,6	29,3	31,2	27,6	22,3	29,2
1987	24,1	27,2	30,6	32,2	35,4	32,7	31,4	30,1	30,8	31,3	27,9	24,1	29,8
1988	22,8	26,2	31,4	34,0	35,2	32,1	28,8	27,3	29,0	30,2	26,8	22,2	28,8
1989	21,2	24,0	29,3	32,8	34,5	33,4	29,8	27,2	29,4	29,7	27,3	24,1	28,6
1990	24,0	25,0	28,4	34,4	34,6	32,6	29,5	29,2	30,0	30,5	28,2	25,5	29,3
1991	24,0	27,8	30,9	33,5	32,0	31,5	29,5	27,8	30,2	30,6	27,1	22,7	29,0
1992	22,3	25,9	29,6	32,9	33,2	32,3	29,6	27,5	29,7	30,7	25,9	23,2	28,6
1993	21,3	26,2	30,1	33,4	35,2	32,0	30,2	28,9	29,7	31,0	28,5	24,0	29,2
1994	22,8	26,0	30,8	33,9	33,8	32,1	29,4	27,5	28,6	29,4	26,5	22,3	28,6
1995	20,9	23,9	31,5	34,0	34,2	32,3	29,7	28,4	29,6	31,2	26,8	25,1	29,0
1996	25,1	27,9	31,0	32,9	34,2	32,6	30,8	28,6	29,1	30,6	25,9	24,6	29,4
1997	25,3	25,0	28,8	32,5	33,7	32,5	30,0	29,1	30,0	32,1	28,4	24,3	29,3
1998	23,7	28,1	28,9	34,9	35,3	32,1	29,6	28,5	28,5	31,5	27,9	24,9	29,5
1999	24,0	25,1	30,5	34,0	34,4	33,9	29,2	27,4	28,5	30,6	28,2	24,0	29,2
2000	26,5	24,1	29,2	34,9	35,7	32,6	29,2	28,8	30,2	32,5	28,1	23,8	29,6
2001	23,3	24,7	30,9	34,6	35,1	32,0	29,4	28,6	30,0	30,9	27,9	25,7	29,4
2002	23,1	25,3	31,5	34,4	35,0	32,7	30,8	28,9	30,1	29,3	27,9	24,9	29,5
2003	24,2	28,5	30,1	34,7	34,6	30,6	29,2	28,2	28,7	31,0	28,8	23,9	29,4
2004	24,7	27,2	30,1	35,0	35,0	33,0	29,6	29,7	31,0	32,1	29,3	27,1	30,3
2005	24,1	30,0	33,4	35,3	34,7	31,9	29,8	29,1	30,6	31,0	28,4	25,9	30,4
2006	26,0	27,8	31,3	33,5	35,1	33,6	30,8	28,7	30,5	32,7	27,4	24,3	30,1
2007	23,8	27,0	31,0	35,7	35,0	33,5	29,9	29,0	30,4	32,5	29,7	25,6	30,3
2008	21,4	26,3	31,2	33,5	34,6	32,1	29,6	28,7	30,4	31,9	28,1	25,6	29,5
2009	23,8	29,9	32,9	34,5	35,5	33,4	31,3	29,8	30,9	32,5	28,4	26,5	30,8
2010	25,0	29,9	31,9	36,0	36,5	33,1	30,2	29,0	30,0	31,3	29,8	24,7	30,6
MOY	23,4	26,6	30,5	33,8	34,6	32,6	30,0	28,7	29,9	31,1	27,7	24,3	29,4

**Source : Direction nationale de la météorologie**

**Tableau II : Pluviométrie mensuelle (ZAT Markoye)**

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuelle
2009	0	0	0	0	5	29,8	130	132,5	104	0	0	0	401,3
2010	0	0	0	0	0	84,3	223,3	97,6	88	60	0	0	553,2
Moyenne	0	0	0	0	2,5	57,05	176,65	115,1	96	30	0	0	477,25

Source : Direction nationale de la météorologie

**Tableau III : ETP mensuelle (Dori)**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
2006	147,7	134,5	171	165	180	176,3	164,9	144,4	156,2	169,3	148,7	139,6	1897,6
2007	153,4	143,4	175	173	184,6	186,4	152,9	144,8	151,2	167,2	148,5	141,1	1921,4
2008	136,9	142,8	160	161	181,6	165,3	155,3	139,4	144,5	152,7	138,4	135,9	1814,5
2009	135,9	140,3	169	160	188,1	168,6	166,6	147,7	150	159,2	138	133,3	1855,9
2010	130,3	136,7	159	166	196,8	167,7	154,4	147,5	151,3	158,3	144,9	143,9	1856,8
	140,8	139,5	167	165	186,22	172,86	158,82	144,8	150,64	161,34	143,7	138,76	1869,2

Source : Direction nationale de la météorologie

**Tableau IV : Insolation mensuelle (Dori)**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
2006	283,9	250,3	259,6	229,6	240,3	236,6	237,6	221	246,6	281,5	306	283	3076
2007	250,5	273,5	254,9	196,3	237,6	249	230,5	228,1	246	288,4	274,5	286,4	3015,7
2008	303	269,6	270,7	245,4	244,2	253,5	258,5	228,2	232,5	266,3	291,3	284,4	3147,6
2009	277,9	213,1	222,8	248,5	261	218	262,3	239,8	252,5	258,6	282,8	300,6	3037,9
2010	293,9	267,5	212,3	188,4	218,2	192,3	223	237,5	261	246,5	268,9	304	2913,5
	281,84	254,8	244,06	221,64	240,26	229,88	242,38	230,92	247,72	268,26	284,7	291,68	3038,14

Source : Direction nationale de la météorologie

**Tableau V : Humidité relative mensuelle (Dori)**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
<b>2006</b>	30	26	19	23	35	48	60	72	62	49	35	34	41
<b>2007</b>	28	28	21	29	44	50	68	73	67	45	36	35	44
<b>2008</b>	34	25	25	28	40	56	67	72	66	48	35	32	44
<b>2009</b>	31	28	22	24	37	49	60	67	64	51	33	28	41
<b>2010</b>	26	23	16	25	38	51	64	71	67	57	37	31	42
	29,8	26	20,6	25,8	38,8	50,8	63,8	71	65,2	50	35,2	32	42,4

**Source : Direction nationale de la météorologie**

**Tableau VI : vitesse moyenne mensuelle (Dori)**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
<b>2006</b>	0,8	1,2	1,2	1,2	1,5	1,8	1,8	1,4	1,3	0,9	1	1	1,3
<b>2007</b>	1,7	1,3	1,4	1,3	1,6	2,3	1,3	1,1	0,9	0,6	0,8	0,9	1,3
<b>2008</b>	1,2	1,3	1	1	1,5	1,3	1,2	0,7	0,6	0,4	0,6	0,7	1
<b>2009</b>	1	1,1	1,2	1	1,5	1,6	1,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	1
<b>2010</b>	0,6	0,8	1,1	1,2	2	1,8	1,3	1,3	1	0,9	0,6	1	1,1

**Source : Direction nationale de la météorologie**

Annexe 2 : Cadre logique

Objectifs	Actions/tâches	Démarches	Outils	Résultats
<p><b>Objectif spécifique 1 :</b>  <b>Décrire les caractéristiques du cadre géographique :</b>  <b>Présentation de la province de l'Oudalan ; situation générale du Béli et des mares de Kouna et de Beldiabé</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Décrire le milieu physique et humain de l'Oudalan</li> <li>-Dresser les composantes physiques et socio- économiques (hydrologie, biotope, hydrogéologie, populations riveraines) de chaque plan d'eau</li> <li>-Déterminer les caractéristiques des différents bassins versants (superficies, densité, pente...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Recherche bibliographique</li> <li>-Cartographie</li> <li>-Entretien</li> <li>-Enquête</li> <li>-Calculs sur la base de formules, équations et données</li> <li>-Observations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Documents, publications,</li> <li>-Bases de données</li> <li>-Logiciel SIG</li> <li>-Fiches d'entretien</li> <li>-Fiches d'enquête</li> <li>-Formules, équations, cartes</li> <li>-Fiches de prospection, fiches « Qualphy »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les contextes physiques et humains de la zone d'étude en rapport avec le diagnostic sont connus</li> <li>-Les différents paramètres (localisation, profil, hydrologie, biodiversité...) de ces trois plans sont mis en évidence</li> <li>-Leurs bassins versant sont délimités et caractérisés</li> </ul>
<p><b>Objectif spécifique 2 :</b>  <b>Evaluer la qualité physique de ces plans d'eau</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Analyser l'état du lit majeur, des berges et du lit mineur de chaque point d'eau</li> <li>-Dresser l'état de santé des ressources fauniques et florales de chaque plan d'eau</li> <li>-Recenser et quantifier les phénomènes de perturbation et de dégradation : érosion, ensablement, crue)</li> <li>-Enumérer et analyser l'exploitation de ces ressources en eau</li> <li>-Relever la corrélation entre le climat et la dynamique de ces plans d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Observation</li> <li>-Analyse de photographies satellites</li> <li>-Calculs et estimations sur la base formules, photographies satellites ; mesure de terrain</li> <li>-Entretien et enquête</li> <li>-Estimation des besoins en eau pour les cultures et les animaux</li> <li>-Comparaison de données sur les cinq dernières années</li> <li>-Analyses statistiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fiches de prospection, fiches « Qualphy »</li> <li>-Données d'inventaires, documents</li> <li>-Appareil photo</li> <li>-GPS</li> <li>-Instruments de mesure (corde, ruban métrique...)</li> <li>-Formules, approches, données climatologiques, photographies satellites</li> <li>-Fiches d'enquête et d'entretien</li> <li>-Logiciel XLSTAT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-L'état de santé de chaque plan d'eau est connu : les problèmes sont identifiés après avoir décrits leurs causes et effets</li> </ul>

<p><b>Objectif spécifique 3 :</b>  <b>Concevoir des solutions adaptées et durables aux regards des problèmes soulevés</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elaborer un aménagement des berges et des lits pour endiguer et prévenir les phénomènes d'érosion, d'ensablement...</li> <li>-Proposer une solution pour la maîtrise des crues</li> <li>-Proposer des techniques de conservation des sols des bassins versants</li> <li>-Proposer des aménagements agricoles à la fois pour les maraichers et les éleveurs</li> <li>-Proposer des pratiques culturales efficaces et durables</li> <li>-Proposer un mode efficace d'abreuvement des animaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Utilisation des résultats des données hydromorphologiques des plans d'eau et de leurs bassins versants</li> <li>-Enquêtes et entretiens</li> <li>-Consultation de documents techniques et publications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Résultats des données hydromorphologiques des plans d'eau et de leurs bassins versants</li> <li>-Fiches d'enquête et d'entretien</li> <li>-Documents et publications</li> </ul>	<p>Un schéma d'aménagement, de conservations des ressources de ces plans d'eau adapté et durable est élaboré pour garantir à la fois les besoins des utilisateurs et la protection des écosystèmes</p>
<p><b>Objectif spécifique 4 :</b>  <b>Proposer un mode de gestion participatif qui tienne compte de l'ensemble des usagers</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proposer de mise en place de structures locales de gestion des ressources de ces plans d'eau</li> <li>-Proposer des formations à l'endroit des usagers sur des pratiques saines</li> <li>-Elaborer une politique de sensibilisation, de communication et d'écotourisme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Enquêtes et entretiens</li> <li>-Consultation de documents techniques et publications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fiches d'enquête et d'entretien</li> <li>-Documents et publications</li> </ul>	<p>Un mode de gestion participatif de ces ressources en eau fondé sur le développement durable est élaboré</p>

Annexe 3 :

- Fiche « fiche Qualphy »

**MONITORING HYDROMORPHOLOGIQUE : FICHE DE TERRAIN n°**

**OBSERVATEURS ET CONDITIONS :**

Noms :  
Organisme :  
Date :

Situation hydrologique apparente :

<input type="checkbox"/> crue	<input type="checkbox"/> lit plein ou presque	<input type="checkbox"/> moyennes eaux	<input type="checkbox"/> basses eaux	<input type="checkbox"/> trous d'eau ou flaques	<input type="checkbox"/> pas d'eau
-------------------------------	---	--	--------------------------------------	---	------------------------------------

*Repérage du site*

Masse d'eau : .....  
Cours d'eau : .....  
Commune : .....  
N° du secteur : .....  
Coordonnées Lambert amont : .....  
N° carte IGN : .....

Photos

	Altitude (m)	Coordonnées GPS	
Amont			
Aval			

Longueur du secteur :

Largeur : moy en eau .....m      moy plein bord .....m

Classes de pente :  
 très forte  
 forte  
 moyenne  
 faible  
 très faible

Calcul de la pente :

Puissance spécifique :

Type de rivière

**Typologie retenue :**

**Fond de vallée :**    symétrique                      asymétrique  
   plat                      en V                      en U

**Tracé du lit mineur :**

rectiligne ou à peu près	.....	% du linéaire
sinueux ou courbe	.....	% du linéaire
très sinueux	.....	% du linéaire
îles et bras	.....	% du linéaire
atterrissement	.....	% de la surface
anastomoses	.....	% du linéaire
canaux	.....	% du linéaire
Pertes	oui                      non	
Résurgences	oui                      non	

**Coefficient de sinuosité :**

**Géologie :**

calcaires	<input type="checkbox"/>
argiles, marnes ou limons	<input type="checkbox"/>
alluvions récentes ou anciennes	<input type="checkbox"/>
cristalline	<input type="checkbox"/>
grès	<input type="checkbox"/>
schistes	<input type="checkbox"/>

Perméabilité de la roche-mère :

Arrivée d'affluents :

**Caractéristiques générales et remarques particulières :**

**LIT MAJEUR**

**Occupation du sol sur les deux rives** (cocher un seul type majoritaire)

	RG			RD			Majoritaire	Présent
	Princ	Second	Access	Princ	Second	Access		
Prairies	<input type="checkbox"/>							
Forêts	<input type="checkbox"/>							
Friches	<input type="checkbox"/>							
Bosquets	<input type="checkbox"/>							
Zone humide	<input type="checkbox"/>							
<b>Nombre de types cochés :</b>								
Cultures	<input type="checkbox"/>							
Plantation de ligneux	<input type="checkbox"/>							
Espaces verts	<input type="checkbox"/>							
Jardins	<input type="checkbox"/>							
Canal	<input type="checkbox"/>							
Gravières	<input type="checkbox"/>							
Plan d'eau	<input type="checkbox"/>							
Urbanisé (z. indust./ z.hab)	<input type="checkbox"/>							
Imperméabilisée	<input type="checkbox"/>							
Remblaiement du lit maj.	<input type="checkbox"/>							

**Axes de communication** (dans le sens « contraintes » à l'écoulement des eaux en crue)

	Nombre	Nature
parallèle au lit majeur, à l'extrémité		
en travers du lit, sans remblai (petit pont)		
dans le lit majeur, longitudinal, éloigné du lit		
ouvrage sur remblai transversal au lit (autoroute, pont, voie ferrée)		
longeant ou jouxtant le lit mineur, parallèle, sur remblai (canal, route)		
sur une partie du cours d'eau		
longeant ou jouxtant le lit mineur, parallèle, sur remblai (canal, route)		
sur la quasi totalité du cours d'eau		

**Annexes hydrauliques** (situation dominante sur le tronçon, ne cocher qu'une seule case). Pour chaque annexe, on précisera la nature de la communication avec la rivière : absente, temporaire (crué), permanente.

	Type dominant	Nombre	Dimension		Communication
			en m <sup>2</sup>	% du linéaire	
Situation totalement naturelle (annexes ou non) Ancien lit, morte reculée, marais, diffluence Tourbière, bras secondaire, plan d'eau naturel	<input type="checkbox"/>				
Situation naturelle mais perturbation Perte de l'étendue ou de la diversité des annexes	<input type="checkbox"/>				
Situation dégradée Annexes isolées et/ou très diminuées	<input type="checkbox"/>				
Annexes supprimées					
traces visibles	<input type="checkbox"/>				
pas de traces	<input type="checkbox"/>				

### **Inondabilité**

<input type="checkbox"/>	situation normale : zone inondable non modifiée ou naturellement non inondable
<input type="checkbox"/>	diminuée de moins de 50 % (fréquence ou champ d'inondation) du fait de digues et remblais
<input type="checkbox"/>	réduite de plus de 50 % (fréquence ou champ d'inondation) du fait de digues et remblais
<input type="checkbox"/>	supprimée : zone anciennement inondable du fait de digues et remblais
<input type="checkbox"/>	modifiée par d'autres causes (calibrage...)

### **Digues et remblais (>0,5 m)**

	RG	RD
% linéaire concerné par une digue		
digue perpendiculaire au lit		
% surface lit majeur remblayé		

**BERGES**

**Hauteur**

Hauteur	RG		RD		Ensemble		Longueur moyenne	
	Princ	Sec	Princ	Sec	Princ	Sec	RG	RD
< 0.2 m	<input type="checkbox"/>							
0.2 - 0.5 m	<input type="checkbox"/>							
0.5 – 1 m	<input type="checkbox"/>							
1 – 2 m	<input type="checkbox"/>							
2 – 3 m	<input type="checkbox"/>							
3 – 4 m	<input type="checkbox"/>							
> 4 m	<input type="checkbox"/>							
Non mesurable	<input type="checkbox"/>							

**Pente**

	RG		RD	
	Domin	Second	Domin	Second
berges à pic (> 70°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
berges très inclinées (30 à 70°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
berges inclinées (5 à 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
berges plates (< 5°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Nature**

		Dominante (1 seule case)		Secondaire(s) (plusieurs cases possibles)	
		RG	RD	RG	RD
matériaux naturels :	blocs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	galets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	graviers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	sables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	argiles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	limons	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	terre (sol)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	racines	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	végétation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	fascines	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
enrochements ou remblais		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
béton, palplanches, gabions, perrés maçonnés, murs		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

nombre de matériaux naturels entourés (de 0 à 10)	RG (Dominant)	RD (Dominant)

**Dynamique des berges** (cumuler les 2 rives - Dom et Sec ne cocher qu'1 seule case)

	RG			RD			Ensemble		
	Dom	Sec	Access	Dom	Sec	Access	Dom	Sec	Access
stables (naturellement soutenues)	<input type="checkbox"/>								
berges d'accumulation	<input type="checkbox"/>								
érodées verticales instables	<input type="checkbox"/>								
effondrées ou sapées	<input type="checkbox"/>								
nombre de cases cochées au total :									
piétinées avec effondrement et tassement	<input type="checkbox"/>								
bloquées ou encaissées	<input type="checkbox"/>								

### Importance de l'érosion

		RG	RD	Ensemble
Etendue	localisée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	généralisée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Importance	nulle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	faible	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	moyenne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	forte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Origine supposée des perturbations

- trace d'érosion progressive
- trace d'érosion régressive (anse)
- aménagement hydraulique
- activité de loisirs
- voie sur berge, urbanisation
- chemin agricole ou sentier de pêche
- piétinement du bétail
- embâcles
- autres
- sans objet

### Végétations des berges

Présence d'une bande riveraine = zone tampon associée au cours d'eau avec une composition végétale propre qui se distingue de l'occupation du sol adjacente

Présence d'une végétation riveraine distincte								
	Dom	Sec	Acces	n.o	Dom	Sec.	Acces	n.o
	<input type="checkbox"/>							

### Localisation de la bande riveraine

					RD				Ensemble			
	Princ	Sec	Acc	n.o	Princ	Sec	Acc	n.o	Princ	Sec	Acc	n.o
Uniquement sur la pente de	<input type="checkbox"/>											

*Analyse diagnostique de trois points d'eau (le fleuve Béli, les mares de Kouna et de Beldiabé) dans la province de l'Oudalan au nord du Burkina Faso*

la berge												
Sur la pente de la berge et au-delà de la crête de berge	<input type="checkbox"/>											
Uniquement au-delà de la crête de berge largeur	<input type="checkbox"/>											

**Importance de la ripisylve**

	RG	RD
importance ripisylve	..... % du linéaire	..... % du linéaire
utiliser les classes 100 %, 80 %, 50 %, 20 %, 10 %, 0 %		

**Etat de la ripisylve**

Situation dominante	RG	RD	Sur les 2 berges cumulées
bon ou sans objet : ripisylve entretenue ou ne nécessitant pas d'entretien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ripisylve souffrant d'un défaut d'entretien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ripisylve ayant fait l'objet de trop de coupes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ripisylve envahissant le lit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ripisylve perchée (non accessible pour la faune aquatique)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Composition de la végétation

	DOMINANTE		SECONDAIRE		ANECDOTIQUE	
	Une seule case		Plusieurs cases possibles, flécher le plus courant			
	RG	RD	RG	RD	RG	RD
ripisylve 2 strates (arbres et buissons)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ripisylve 1 strate arbustive	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ripisylve 1 strate arborescente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
herbacée :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
roselière ou	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
prairie ou	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
friche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Exotique - invasive	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ligneux plantés, résineux ou peupliers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
absence ou cultures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Eclairement de l'eau

Part de la surface de l'eau éclairée directement (sans ombre), en fonction de l'importance de la ripisylve.

<input type="checkbox"/> < 5 %	<input type="checkbox"/> 5 à 25 %	<input type="checkbox"/> 25 à 50 %	<input type="checkbox"/> 50 à 75 %	<input type="checkbox"/> > 75 %
--------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------

Eléments ombrageant le cours d'eau	Princ	Sec	Acces
milieux adjacents	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
forme de la vallée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
cordon rivulaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
autre : .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## ETAT DU LIT MINEUR

### HYDRAULIQUE

Coefficient de sinuosité : .....

Classes d'indice de sinuosité :

- rectiligne
- sinueux
- très sinueux
- méandriforme

### Perturbations du débit

- normal : pas de perturbation apparente
- modifications localisées ou de faible amplitude respectant le cycle hydrologique
- perturbation du cycle hydrologique (microcentrale, exhaure)
- assec : absence périodique d'écoulement (non naturelle)

Nature de la perturbation du débit .....

### Coupures transversales (>0,5m)

Nbre de barrages béton .....
Nbre de seuils artificiels ..... ou de buses .....
Nbre d'épis ou défecteurs .....
Autres .....

Franchissabilité des ouvrages	Nombre de cas	Réf. RW
<input type="checkbox"/> franchissable(s)	.....	.....
<input type="checkbox"/> plus ou moins ou épisodiquement franchissable(s)	.....	.....
<input type="checkbox"/> franchissable(s) grâce à une passe	.....	.....
<input type="checkbox"/> infranchissable(s)	.....	.....

### FACIES

#### Profondeur (variabilité)

- très variée, hauts fonds, mouilles + cavités sous-berge
- variée, hauts fonds et mouilles ou cavités sous-berge
- peu varié, bas-fond et dépôts localisés (présence d'un ouvrage ou autres)
- constante

### **Ecoulement (variabilité)**

- très variée à l'échelle du mètre ou de la dizaine de mètres
- varié : mouilles et seuils, alternance de faciès rapides et de faciès lents, à l'échelle de la centaine ou de quelques centaines de mètres
- turbulent, remous et/ou tourbillons et/ou aspect torrentiel
- cassé : plat-lent entrecoupé de rares seuils ne générant des faciès rapides que très localisés
- ondulé (surface) et/ou filets parallèles ou convergents
- constant (aspect) et /ou peu variable, ou surface plane ou à peu près, ou écoulement laminaire

### **Proportions des différents faciès**

Types de faciès	0%	0-10 %	10-50 %	>50 %
Plat courant peu profond				
Radier				
Chenal lentique				
Chenal lotique				
Cascade				
Escalier				
Gouffre				
Mouille				
Rapide				

### **Largeur (lit mineur)**

- très variable et/ou anastomose(s)
- variable et/ou île(s)
- régulière avec atterrissement et/ou hélrophytes
- totalement régulière de berge à berge

### **SUBSTRAT**

#### **Nature des fonds**

	situation dominante (1 case)	situation(s) secondaire(s) (plusieurs cases)
mélange de : blocs galets graviers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
feuilles, branches (débris organiques)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vases, argiles, limons	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Total		
dalles ou béton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Dépôts sur le fond du lit**

- absent
- localisé non colmatant
- localisé colmatant
- généralisé non colmatant
- généralisé colmatant

**(2) Pourcentage de colmatage**

- 0-25 %
- 25-50 %
- 50-75 %
- 75-90 %
- 90-100 %

**Encombrement du lit**

- monstreș
- détrituş
- arbres tombés ou gros bois dans le sens d'écoulement
- arbres tombés ou gros bois au travers du lit
- atterrissement, branchages
- sans objet

**Végétation aquatique**

Rives (bords du lit mineur)		Chenal d'écoulement	situation dominante	situation(s) secondaire(s)
Racines immergées et/ou hélrophytes sur plus de 50% du linéaire des 2 berges	et	Bryophytes et/ou hydrophytes diversifiés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Racines immergées et/ou hélrophytes sur 10 à 50% du linéaire des 2 berges	ou	Nénuphars ou autres hydrophytes en grands herbiers monospécifiques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les 2 dégradations ci-dessus simultanées ou situations ci-dessous				
Racines immergées et/ou hélrophytes sur moins de 10% du linéaire des 2 berges	ou	Envahissement par des hélrophytes, des algues filamenteuses	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les 2 dégradations ci-dessus simultanées ou situations ci-dessous				
Pas ou peu de végétation	ou	Pas ou peu de végétation, éventuellement lentilles d'eau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pas ou peu de végétation	et	Pas ou peu de végétation, éventuellement lentilles d'eau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Nombre de types de substrat végétal présents en situation dominante .....**

(de 1 à 3 parmi racines / hydrophytes ou bryophytes / héliophytes)

**PROLIFERATION VEGETALE**

(hydrophytes, héliophytes ou filamenteuses) mono ou paucispécifique sur plus de 50 % du lit (visible ou estimée à préciser)

- Absente
- Présente

**Observations complémentaires :**

temps de remplissage de la fiche – terrain :

bureau :

**INDICES QUALPHY**

Cote globale : .....

Lit majeur : .....

Berges : .....

Lit mineur : .....

**Fiche prospection de mare**

**FICHE DE PROSPECTION DE MARE DANS LA PROVINCE DE L'OU DALAN**  
**Identification de la mare**

Date : ..... Heure de début : ..... ;  
Heure de fin : .....  
Commune : .....  
Nom de la mare : .....  
Coordonnées GPS : .....

**GEOGRAPHIE**

**Topographie** Plateau  Talus versant  plaine ou fond de vallée   
vallon

**Description générale et paysagère :**

.....  
.....  
.....

**Présence d'une connexion** oui  non   
nature : .....

**Accessibilité de la mare** Aisée   
difficile : .....

**Typologie**

**Emplacement :**  hors contexte d'habitat  en bordure de route  A la croisée  
de chemin  
 En contexte d'habitat  Habitat groupé  habitat dispersé

**PHYSIONOMIE**

**Forme de la mare**  Angulaire  
 Circulaire  
 Complexe

**Classe de pente :**  très forte  forte  moyenne  
 Faible  très faible

**Surface de la mare :** en eau libre à la date du relevé : .....x.....m et  
.....ha  
Maximale possible de l'eau libre : .....x.....m  
et .....ha

**Fermeture du milieu, pénétration de la lumière :**  Ombre portée sur l'eau (.....  
%)  
 En partite  néant



**HYDROLOGIE**

**Eau libre :** mare temporaire mare permanente Estimation de la profondeur maximale :.....m

**Surface libre de l'eau**

-Coloration : algues effluents matières en suspension néant

-Pollution : Biologique Chimique néant

-Odeur nauséabonde : oui non

Turbidité de l'eau : eau limpide eau claire eau turbide

**Alimentation principale :** Source/nappe précipitations et ruissellements superficiels

Cours d'eau

autres :.....

**Fréquence d'entrée d'eau :** permanent temporaire inconnu

**Modalité des sorties :** Ruissellement évaporation drainage

Cours d'eau

autres :.....

**Fréquence sortie d'eau :** permanent temporaire inconnu

**PERTUBATIONS ET DEGRADATIONS**

Type :

-Erosion : Fluviale Eolienne géologique anthropique

En cas d'érosion hydrique préciser les formes :.....

-Ensablement : Fluviale Eolienne géologique anthropique

-Assèchement : Total partiel

**OBSERVATION DE LA FAUNE**

Embranchements		Espèces
Vertébrés	Mammifères	
	Oiseaux	
	Poissons	
	Reptiles	
Invertébrés	Insectes	
	Invertébrés aquatiques	

**UTILISATION DE LA MARE**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



### Questionnaire

#### « Analyse diagnostique et aménagement de trois points d'eau dans la province de l'Oudalan au nord du Burkina Faso »

Date : .....

Région du sahel ; province d'Oudalan ; commune : .....; village : .....

Point d'eau : .....

Numéro enquêté : .....

#### 1. Identification du ménage

Nom et prénoms de l'enquêté : ..... Sexe : M=1 ; F=2

Niveau scolaire : illettré=0 ; lettré=1 (à préciser : .....); coranique=3

Langue maternelle : ..... ; Statut : Autochtone=1 ; Migrant=2 ; Etranger=3

Si étranger préciser le pays d'origine : ..... De quel village venez-vous ? .....

Lien de parenté avec le chef de ménage : .....

Combien de personnes constituent votre ménage : .....

Dont : M  ; F  Tranche d'âge : <15 ans  ; +15 ans

Votre activité principale: agriculture=1 ; élevage=2 ; commerce=3 ; pêche=4 ; chasse=5

Autres : .....; Avez-vous reçu une formation concernant votre activité : Non=0 ; Oui=1

Votre activité secondaire : agriculture=1 ; élevage=2 ; commerce=3 ; pêche=4 ; chasse=5

Autres : ..... ; Avez-vous reçu une formation concernant votre activité : Non=0 ; Oui=1

Exploitez-vous la mare : Non=0 ; Oui=1  si oui depuis quelle année : .....

#### 2. Activités agropastorales du ménage

Type d'élevage : Sédentaire extensif=1 ; Embouche=2 ; Transhumance=3  Autres : .....

Types de bêtes : Ovins=1 ; Caprins=2 ; porcins=3 ; Bovins=4 ; Camelin=5  Nombre de têtes : Ovins

Caprins  ; porcins  ; Bovins  ; Camelin

A quelle saison de l'année fréquentez-vous le pâturage de la mare : Juillet à octobre

Novembre à février  Mars à juin  Combien de temps faite-vous sur le pâturage de la

mare ? : ..... Quels sont les fourrages les plus appréciés des animaux : .....

Arrivez-vous à satisfaire les besoins de vos animaux ? Non=0 ; Oui=1

Avez-vous constaté une dégradation du pâturage : Non=0 ; Oui=1

Selon vous quelles en sont les causes ? L'agriculture=1 ; la pluviométrie=2 ; la mauvaise gestion des

pâturages=3 ; surpâturage=4

#### Cas particulier pour les transhumants :

Pratiquez-vous la transhumance ? Non=0 ; Oui=1  si oui Période de départ : .....

Site de départ : ..... Site de destination : (1).....(2).....

(3)..... Période de retour : ..... Nombre de jours sur le pâturage : .....

Avez-vous été mêlé à des conflits dans l'utilisation des ressources de ce point d'eau : Non=0 ; Oui=1

Quelles propositions faites-vous quant à l'utilisation et à la gestion des ressources de ce point

d'eau : .....

#### 3. Activités culturelles du ménage

Type de cultures : produits maraichers=1 (à préciser : .....);

mil=2 ; sorgho=3 ; niébé=4 ; sésame=5 ; autres=6  (à préciser : .....

Quelles associations de cultures faites-vous par ordre de semis ? .....

Quelles sont les périodes d'utilisation de ces ressources en eau dans l'année : saison des pluies=1 ;

poste récolte=2 ; froide=3 ; chaude=4

Zone d'implantation des champs : Berge=1 ; rive=2 ; bas fonds=3 ; dune=4 ; brousse tigrée=5

Sur combien de parcelles exercez-vous votre culture : .....

Quelle est la destination de votre production : Autoconsommation  ; Commercialisation   
Utilisez vous des engrais : Non=0 ; Oui=1  Type : Chimique=1 ; biologique=2

#### 4. Diagnostic du point d'eau

Phénomènes climatiques observées ces dernières années : sécheresse=1 ; inondation=2 ;  
épidémie=3 ; invasion de criquets=4   
Evolution de ces phénomènes : Augmentation=1 ; baisse=2 ; statique=3  
a. pluviosité  b. température  c. évaporation   
La qualité de l'eau (mare ou fleuve) est : Bonne  ; Mauvaise  ; Rien à signaler   
Autre (à signaler)    
Evolution du volume d'eau du point d'eau : Augmentation=1 ; baisse=2 ; statique=3   
Avez-vous constaté une détérioration de la mare (ou du fleuve) : Non=0 ; Oui=1   
Quelles en sont les manifestations : assèchement=1 ; invasion de plantes aquatiques=2 ; dégradation  
de la végétation=3 ; disparition de la faune=4 (si poisson=5) ; autres=6   
En cas d'assèchement, à quelle période de l'année constatez-vous cela : .....  
Causes : érosion/ensablement=1 ; surexploitation=2 ; sécheresse=4  ; autres : .....  
Votre activité a-t-elle été négativement affectée par l'utilisation de l'eau de la mare ou du fleuve :  
Non=0 ; Oui=1   
Quelle type de désagrément avez-vous subi : .....  
Y a-t-il eu des solutions : Non=0 ; Oui=1  Lesquelles : .....

#### 5. Usage ménager de l'eau (mare ou fleuve)

Utilisez-vous l'eau à des fins ménagères : Oui  Non  Sans avis   
Précisez les usages : Boisson  cuisine  Lessive  Toilette  Autre   
Combien de fûts de 20l prélevez-vous par jours : .....

#### 6. Aménagement et gestion de la ressource en eau

Existe-t-il un comité de gestion de la mare (ou du fleuve) : Non=0 ; Oui=1   
Comment évoluent les conflits entre usagers : Augmentation=1 ; baisse=2 ; statique=3   
Citez les principales causes de ces conflits : .....  
.....  
Comment les conflits sont ils réglés : .....  
Quelles sont les formes actuelles de gestion de ce point d'eau que vous  
connaissez ? .....  
.....  
Que pensez-vous de ces modes de gestion : Très satisfaisant=1 ; satisfaisant=2 ; pas satisfaisant=3   
Quelles propositions faites-vous pour l'aménagement et une meilleure gestion de cette ressource :  
.....  
.....  
.....  
.....



## Fiche d'entretien avec des représentants de l'état, ONG et responsables d'association

Service : .....

Compétence territoriale : Commune.....Province.....Région.....

Ministère de tutelle : .....

Nom et prénoms de la personne interrogée : .....

Fonction : .....

Activité du service ayant un rapport avec la mare/ du fleuve

### 1. Dynamique des populations de la zone de la mare/ du fleuve

- a. Quelles sont les groupes ethniques qui habitent en permanence la zone de la mare/ du fleuve ?
- b. Quelles sont les principales activités que mènent les populations riveraines de la mare/ du fleuve ?
- c. Quel est le cycle de passage des migrants et transhumants dans la zone de la mare/ du fleuve?
- d. Est-ce une zone d'arrivée ?ou une zone de transit pour les transhumants des pays voisins ?
- e. Quels sont les effectifs d'animaux par espèce, arrivant dans la zone chaque année ?
- f. Quelles sont les raisons de l'attraction des différents groupes socioprofessionnels par la zone de la mare/ du fleuve (agriculture pluviale, maraîchage, cures salées, pâturage, parc de vaccination....) ?
- a. La gestion des ressources naturelles dans la zone de la mare/ du fleuve
- b. Disposez-vous de règles internes de gestion des ressources autour de la ressource en eau ? si oui, ces règles sont-elles connues des agents de base ? sont-elles connues des différentes catégories des populations utilisatrices des ressources naturelles de la zone ?
- c. Quelles sont les formes de gestion des ressources naturelles mises en œuvre dans la zone ?
- d. Quelles sont les conditions d'accès aux autres ressources naturelles dans la zone de la mare/ du fleuve?
- e. Quelle est la réglementation qui doit être appliquée autour de la ressource en eau ?
- f. Quelles sont les contraintes majeures liées à la gestion de la mare/ du fleuve?
- g. Quelles sont les techniques que vous utilisées pour protéger ce point d'eau contre la dégradation ?

### 2. Projets et actions mis en œuvre dans la zone de la mare/ du fleuve

- a. Différentes interventions du service dans la zone de la mare/ du fleuve au cours de ces dernières années (nature des activités, portée territoriale, bénéficiaires, investissements réalisés, effets et impacts)
- b. Difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de ces actions et solutions apportées
- c. Principales leçons tirées

- d. Les bonnes pratiques à dupliquer à partir de la mise en œuvre des actions antérieures

**3. Situation des conflits fonciers au cours des quatre dernières années, état de la mare/ du fleuve**

- a. Le nombre de conflits soumis à l'administration pour règlement
- b. Le profil des acteurs en conflit (à déterminer par conflit identifié)
  - Type (individus, groupes, villages, administration),
  - Origine/statut des protagonistes (autochtones, migrants),
  - Activités principales des protagonistes (éleveurs, agriculteurs, autres)
  - Les causes des conflits
  - La localisation (village)
  - Date ou période
- c. Modes de résolution, solutions et décisions prises (sanction, amende.....)
- d. Avis de l'autorité sur les conflits de la zone
- e. Proposition de solutions
- f. Quelles sont les maux qui minent la mare/ le fleuve
- g. Quelles en sont les conséquences (socio-économiques, environnementales) ?
- h. Qu'est-ce qui à été déjà fait pour lutter contre cela ?

**4. Perspectives**

- a. Quelles autres formes d'organisation entrevoyez-vous pour les prochaines années pour une gestion durable des ressources de la zone ? citez en quelques unes
- b. Quelles dispositions réglementaires pourrait-on appliquer afin de parvenir à une gestion plus efficace et la efficiente des ressources naturelles de la zone ?
- c. Comment entrevoyez-vous la survie de la mare/ du fleuve?
- d. Que doit-on faire pour endiguer la dégradation de la mare/ du fleuve?
- e. Quelles rôles spécifique devraient jouer les communes environnantes, le comité de gestion, votre service ?
- f. Comment voyez-vous l'organisation autour de la mare/ du fleuve pour que sa gestion soit plus satisfaisante ?
- g. Quelles actions comptez-vous entreprendre dans l'aménagement et la gestion de la mare/ du fleuve dans les prochaines années ?

**Annexe 4: Quelques photos d'entretien et d'enquête**



**Photo 1** : Entretien avec le maire de Markoye



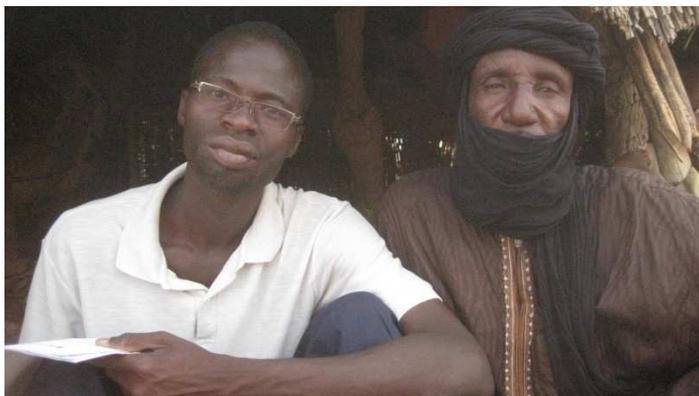
**Photo 2** : Entretien avec le chef du village de Beldiabé



**Photo 3** : Après entretien avec les présidents (CVD, des maraîchers, des pêcheurs, éleveurs) de Tin-Akoff



**Photo 4** : Entretien avec le chef du village de Kouna



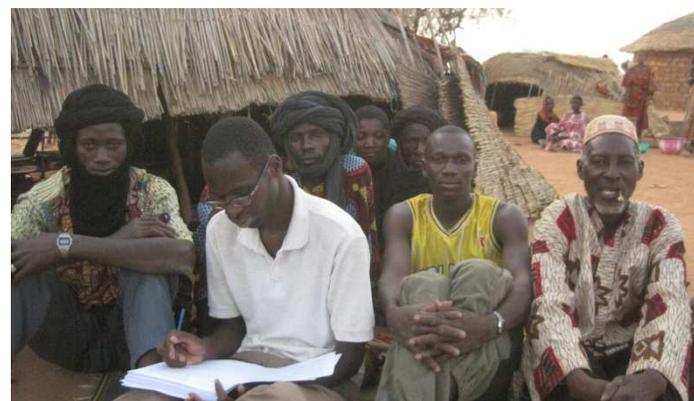
**Photo 5 :** Enquête de ménage à Tin-Akoff



**Photo 6 :** Enquête de ménage à Kouna



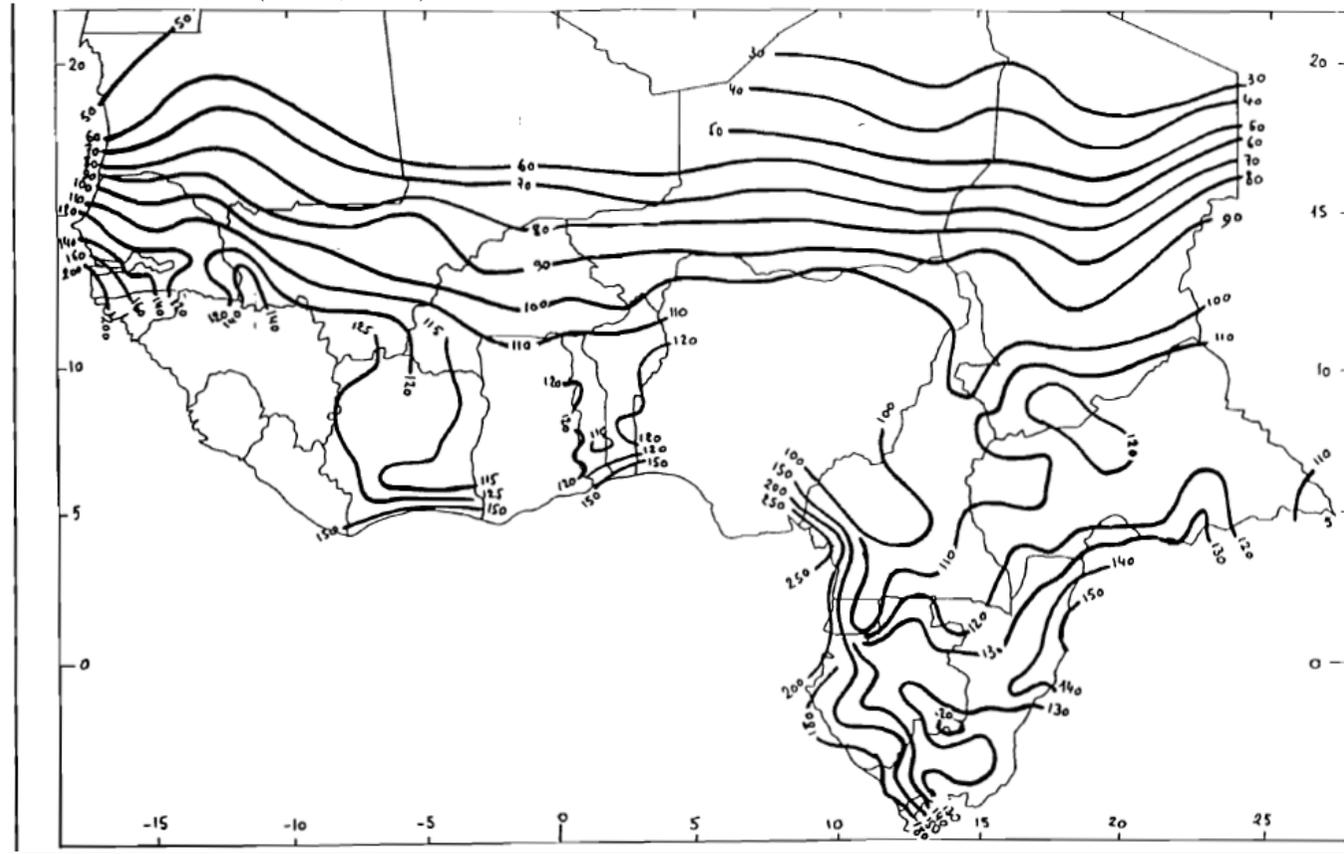
**Photo 7 :** Enquête de ménage à Beldiabé



**Photos 8 :** Photo d'ensemble après enquête de ménage (Beldiabé)

## Annexe 5 : Détermination de P<sub>10</sub>

Précipitation journalière décennale P<sub>10</sub> (CIEH, 1985)



**Annexe 6 : Différentes valeurs de Kc et de ETM selon la plante**

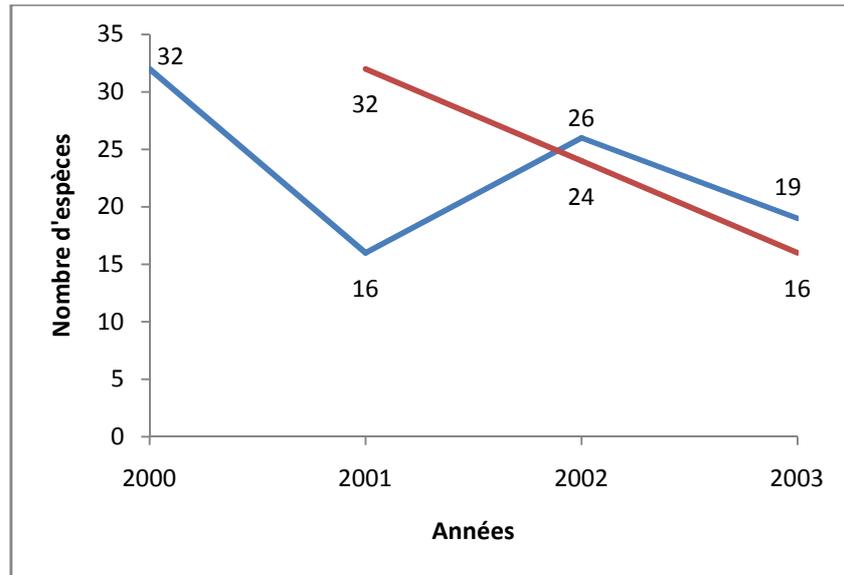
	phase de développement	hauteur maximale du couvert (m)	Coefficient cultural (Kc)	Durée de la phase de développement
<b>Tomate</b>	initiale	0,6	0,44	15
	développement		0,88	30
	mi-saison		1,32	40
	arrière-saison		1,05	40
<b>Oignon</b>	initiale	0,4	0,44	15
	développement		0,805	30
	mi-saison		1,17	35
	arrière-saison		1,045	40
<b>Salade</b>	De la plantation au début de croissance active	0,3	0,52	15
	développement		1,17	30
	Sénescence		1,07	15
<b>Pomme de terre</b>	de la levée au début de croissance	0,5	0,62	15
	De la croissance à la fin de tubérisation		1,27	45
	de la tubérisation à 20 jours avant la récolte		0,77	40
<b>Carotte</b>	Du semis à 30 jours avant la récolte	0,3	0,62	30
	30 jours après semis jusqu'à la récolte		1,17	40
	Phase de sénescence		0,92	30
<b>Aubergine</b>	Plantation à début de floraison	1	0,62	15
	Début de floraison à 3 <sup>ème</sup> étage		0,72	90
	croissance 3 <sup>ème</sup> étage à la récolte		1,17	40
<b>Chou</b>	Phase initiale	0,4	0,62	15
	phase de développement		1,12	35
	Phase de sénescence		0,87	25

*Analyse diagnostique de trois points d'eau (le fleuve Béli, les mares de Kouna et de Beldiabé) dans la province de l'Oudalan au nord du Burkina Faso*

	phase de développement	ETM Novembre	ETM Décembre	ETM janvier	ETM février	Kc mars	ETMi
<b>Tomate</b>	initiale	63,228	0	0	0	0	63,228
	développement	126,456	122,1088	0	0	0	248,5648
	mi-saison	0	183,1632	185,9088	0	0	369,072
	arrière-saison	0	0	147,882	146,517	175,056	469,455
<b>Oignon</b>	initiale	63,228	0	0	0	0	63,228
	développement	115,6785	111,7018	0	0	0	227,3803
	mi-saison	0	162,3492	164,7828	0	0	327,132
	arrière-saison	0	0	147,1778	145,8193	0	292,9971
<b>Salade</b>	De la plantation au début de croissance active	7,644	0	0	0	0	7,644
	développement	17,199	162,3492	0	0	0	179,5482
	Sénescence	0	148,4732	0	0	0	148,4732
<b>Pomme de terre</b>	de la levée au début de croissance	89,094	0	0	0	0	89,094
	De la croissance à la fin de tubérisation	182,499	176,2252	0	0	0	358,7242
	de la tubérisation à 20 jours avant la récolte	0	0	108,4468	107,4458	0	215,8926
<b>Carotte</b>	Du semis à 30 jours avant la récolte	89,094	0	0	0	0	89,094
	30 jours après semis jusqu'à la récolte	0	162,3492	164,7828	0	0	327,132
	Phase de sénescence	0	0	129,5728	128,3768	0	257,9496
<b>Aubergine</b>	Plantation à début de floraison	89,094	0	0	0	0	89,094
	Début de floraison à 3 <sup>ème</sup> étage	103,464	99,9072	101,4048	100,4688	0	405,2448
	croissance 3 <sup>ème</sup> étage à la récolte	0	0	0	163,2618	195,0624	358,3242
<b>Chou</b>	Phase initiale	89,094	0	0	0	0	89,094
	phase de développement	160,944	155,4112	0	0	0	316,3552
	Phase de sénescence	0	0	122,5308	0	0	122,5308
	phase de développement	1196,7165	1484,0382	1272,4894	791,8895	370,1184	

**Annexe7 : Evolution de la population aviaire des mares de Kouna et de Beldiabé de 2000 à 2003 (NATURAMA)**

Zone humide	nombre d'espèces pour l'année			
	2000	2001	2002	2003
Mare de Beldiabé	32	16	26	19
Mare de Kouna	32	24	16	16



## Annexe 8 : Techniques d'aménagement

### 1. Contre l'action du vent et de l'eau

Technique	Objectifs	Description et actions de la technique	Zones et conditions	Coût (F CFA)
<b>Brise-vent</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Réduire la vitesse du vent de 20%</li> <li>-Réduire l'évapotranspiration</li> </ul>	Réaliser une bande ou un parc d'arbres adultes relativement bien aérés (5m entre deux arbres) qui peuvent freiner régulièrement la vitesse du vent. Disposition optimale : 2 rangées d'arbres de grande taille, entourés de 2 rangs d'arbres moins élevés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-3 km à Beldiabé</li> <li>-1 km à Kouna</li> <li>- Au moins 2 km à Tin-Akoff</li> <li>-Disposer de graines pour les pépinières d'arbres</li> <li>-Disposer de la logistique</li> <li>-Implication des villageois</li> </ul>	2 913 900
<b>Fixation de dune</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Empêcher le sable de se mouvoir.</li> <li>-Permettre la régénération de la végétation.</li> </ul>	<p>Fixer les palissades de tige de mil sous forme de damier avec des carrés de 5 m sur 5 munis d'ouverture en diagonale. es obstacles doivent être parallèle entre elles et perpendiculaire à la direction des vents dominants</p> <p>Si les vents viennent dan toutes les directions, il faut faire alors des palissades croisées. Pour aider à la fixation, on peut déposer un léger réseau de branchages ou de tout autre débris déposé simplement sur le sable. Les palissades doivent être entretenues jusqu'à ce que la végétation soit rétablie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Beldiabé, Tin-Akoff et Kouna</li> <li>-Collecte des tiges de mil</li> <li>-Respecter l'espacement entre les tiges de mil</li> <li>-Connaitre la direction du vent avant la fixation des palissades</li> </ul>	150 000

2. Erosion hydrique et fluviale

Technique	Objectifs	Description et actions de la technique	Zones et conditions	Coût (F CFA)
<b>Cordon pierreux</b>	-Amortir le ruissellement -Augmenter l'infiltration -Traiter les ravines -Conserver et améliorer la fertilité des sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer les courbes de niveau à l'aide du niveau à eau, du triangle à sol ou par un levé topographique et procéder au traçage à l'aide de daba, pic, pioche, dent IR12 en traction bovine, tracteur, etc. il est conseillé d'utiliser un écartement entre cordons compris entre 30 et 47 m. En moyenne 3 voyages de camions de moellons sont nécessaires pour aménager un hectare.</li> <li>- Ouvrir un sillon d'encrage de 10 à 15 cm de profondeur et de 15 à 20 cm de largeur, et y disposer une ligne de grosses pierres. Renforcer cette ligne en aval avec une autre ligne de petites pierres et ramener la terre du sillon pour consolider l'assise du cordon pierreux.</li> <li>- Prévoir un traitement des pistes et des déversoirs pour les cordons assez longs (&gt;100 m).</li> <li>- Entretenir les cordons en remplaçant les pierres déplacées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Au niveau des rives de chaque plan d'eau</li> <li>-Dans les rigoles et petite ravins (0.2 à 0.8 m)</li> <li>-Versant des collines et massifs rocheux</li> <li>-Mobilisation et implication des villageois</li> <li>-Collecte des pierres (abondance près des flancs de colline)</li> </ul>	495 000
<b>Seuils</b>	-Amortir le ruissellement -Augmenter l'infiltration -Traiter les ravines et korys	Disposer des gabions qui sont en fait des seuils en pierres sèches où les moellons sont enfermés dans du grillage. Il faut au préalable parcourir les ravines et korys pour voir son profil (son contournement, sa profondeur...), puis on installe les seuils. L'aménagement d'une ravine doit commencer à partir d'un secteur stabilisé (absence d'érosion due à une diminution de pente ou à la présence d'un seuil rocheux : affleurement de cuirasse, par exemple). Les dispositifs sont ensuite réalisés en remontant vers l'amont. Le non respect de ce principe peut entraîner un sapement de l'ouvrage situé le plus à l'aval, puis progressivement de tous les ouvrages.	Ravines et korys de profondeur supérieure à 0.8 m	700 000
<b>RNA et plantation d'arbres fruitiers</b>	-Amortir le ruissellement -Augmenter l'infiltration	Délimiter la zone cible et mettre en défens les espèces repérées avec l'appui des agents des eaux et forêts  Réaliser une tranchée d'arbres fruitiers adultes relativement	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Zone de densité végétale faible</li> <li>-Continuité des pieds de colline</li> <li>-Aux abords des champs</li> <li>-Disposer de graines pour les</li> </ul>	2 188 500

	-Conserver et améliorer la fertilité des sols	bien aérés (5m entre deux arbres)	pépinières -Assistance des populations par des agents des eaux et forêts	
<b>Bande enherbée</b>	-Amortir le ruissellement -Augmenter l'infiltration -Conserver et améliorer la fertilité des sols -Pâturage	- <i>Sous-solage à l'aide d'engins lourds (bulldozer) munis de dents :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Profondeur de travail : 30 à 60 cm ;</li> <li>✓ Période de réalisation : début saison de pluies ou septembre.</li> </ul> - <i>Scarifiage avec des dents montées sur charrues à traction animale</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Profondeur de travail : 10 à 15 cm ;</li> <li>✓ Période de réalisation : précoce (janvier – février).</li> </ul> Ecartement : 60 à 85 cm. Travail perpendiculaire à la pente	-Zones dénudées (hors contexte habitation) des bassins versant -Lit majeur -Délimiter et protéger la zone durant l'exécution des actions -Impliquer la population	1 500 000
		2. Ensemencement :  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Récolte des semences en novembre et scarification ;</li> <li>✓ Enfouissement dans les sillons (mai – juillet)</li> <li>✓ Espèces susceptibles d'être semencées : <i>Andropogon gayanus; Pennisetum pedicellatum</i></li> </ul> 3. Aménagements annexes  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cordons pierreux ou diguettes en terre ;</li> <li>✓ Plantation d'espèces ligneuses.</li> </ul>		
		Opérations d'entretien : mise en jachère		

3. Curage des plans d'eau

Technique	Objectifs	Description et actions de la technique	Zones et conditions	Coût (F CFA)
<b>Surcreusement et imperméabilisation des plans d'eau</b>	-Enlever les sédiments issus de l'érosion	-Mener une étude topographique et pédologique approfondie	-Lit mineur des trois plans d'eau	20 000 000 (Beldiabé)
	-Augmenter la capacité de stockage des plans d'eau	-Creuser à l'aide d'une drague la profondeur indiquée (selon le plan d'eau)	-Disposer de la logistique	25 800 000 (Kouna)
	-Satisfaire les besoins d'eau	-Disposer dans le fond une couche d'argile d'au moins 20 cm	-Rechercher les sites de stockage des sédiments	350 000 000 (Béli)
		-compacter cette couche	-Implication de la population	395 800 000 (total)
		-Récupérer, réutiliser, épandre ou mettre en dépôt les sédiments		

4. Dispositif de restauration et de protection des berges

Technique	Objectifs	Description et actions de la technique	Zones et conditions	Coût (F CFA)
<b>Plantation d'herbes</b>	-Amortir le ruissellement -Augmenter l'infiltration -Freiner les sédiments -Pâturage du bétail	-préparer des pépinières de <i>Echinochloa stagnina</i> , <i>Vossia cuspidata</i> -délimiter et apprêter les berges -implanter les plants perpendiculairement au sens de ruissellement des eaux de pluie -prévoir des voies d'accès au plan d'eau des voies	-Le long des berges et éventuellement au-delà de la crête. -Disposer de graines -Implication des populations	20 000 000 pour les trois plans d'eau

5. Réhabilitation de la digue de la mare de Kouna

<b>Technique</b>	<b>Objectifs</b>	<b>Description et actions de la technique</b>	<b>Zones et conditions</b>	<b>Coût (F CFA)</b>
<b>Digue d'évacuation des crues et inondations</b>	-Amortir et dissiper les crues de la mare -Prévenir les inondations	Etudes techniques détaillées pour la conception du talus. Le talus doit respecter les conditions de sécurité et de durabilité suivantes : l'inclinaison sera plus douce ; la hauteur du talus (T) sera d'1 m au dessus du niveau de conception (=profondeur de stockage +profondeur de débordement) pour éviter un écoulement de débordement  La largeur du talus doit être suffisante mais inférieur à 4 m ; le talus sera construit sur sol dur, après élimination du sol de surface.	-Lit majeur de la mare de Kouna -Etudes techniques préalables	12 000 000

6. Puits maraîchers modernes

<b>Technique</b>	<b>Objectifs</b>	<b>Description et actions de la technique</b>	<b>Zones et conditions</b>	<b>Coût (F CFA)</b>
<b>Puits modernes</b>	-Satisfaire les besoins en eau dus au maraîchage -Atténuer la pollution des plans d'eau	Le puits moderne est un puits à trou de grand diamètre avec tubage en béton armé d'environ 1,8 m de diamètre (puits moderne. La limite de creusement des puits modernes à grand diamètre varie selon la profondeur du niveau des eaux souterraines, mais est environ de 40 à 50 m au maximum, Un puits moderne à coupe transversale importante est avantageux pour le volume d'eau pompable, mais le volume pompé n'est pas proportionnel au diamètre du puits.	-Tin-Akoff -Dans un rayon de 200 m des cultivateurs -3 puits au total	24 000 000

7. Techniques d'aménagement agropastoral

<b>Technique</b>	<b>Objectifs</b>	<b>Description et actions de la technique</b>	<b>Zones et conditions</b>	<b>Coût (F CFA)</b>
<b>Puisards modernes</b>	-Satisfaire les besoins en eau des animaux et des hommes -Atténuer la pollution des plans d'eau	Diamètre : 1 m Profondeur - 50 m Tubage en béton armé Pompage manuel ou par pompe	-Beldiabé et Kouna -Choix judicieux du site	40 000 000
<b>Trame d'accès à l'eau</b>	-Minimiser la pollution de l'eau -Minimiser l'érosion des berges par piétinement des animaux	Légère dépression rectangulaire aménagée au niveau des berges en contact avec l'eau Dimension : 4*5m Protection latérale avec des branches	-Au niveau des berges -Dans chaque localité	1 600 000

8. Adduction d'eau potable

<b>Technique</b>	<b>Objectifs</b>	<b>Description et actions de la technique</b>	<b>Zones et conditions</b>	<b>Coût (F CFA)</b>
<b>Forage</b>	-Approvisionner les populations en eau potable de façon suffisante -Eviter les maladies hydriques	Dia. de 0,1 à 0,3 m environ Grande profondeur possible Tubage en acier, Puisage par pompe motrice	-Dans chaque localité -Etudes hydrogéologique préalable	46 800 000

9. Mise en place de CLE, sensibilisation et formation

<b>Objectifs</b>	<b>Actions à mener</b>	<b>Zones et conditions</b>	<b>Coût (F CFA)</b>	
<b>Mise en place de CLE</b>	-Appropriation de la gestion des ressources naturelles	-Dans chaque localité -Intervention de structures spécialisées	3 000 000	
<b>Sensibilisation, communication</b>	-Faire connaître aux populations les fonctions d'un plan d'eau et la nécessité de leur gestion	-Projection de film documentaire -Distribution d'images sur la nature -Témoignages des expériences réussies dans d'autres régions -Ecotourisme	-Dans chaque localité -Intervention de structures spécialisées -Utilisation de logistique moderne	5 000 000
<b>Formation</b>	-Minimiser la dégradation de l'environnement par certaines pratiques -Augmenter les revenus des opérateurs économiques	-Séminaire -stage	-Dans chaque localité -Intervention de structures spécialisées -Utilisation de logistique moderne	7 000 000

