
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE
EN SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE

LABORATOIRE DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES



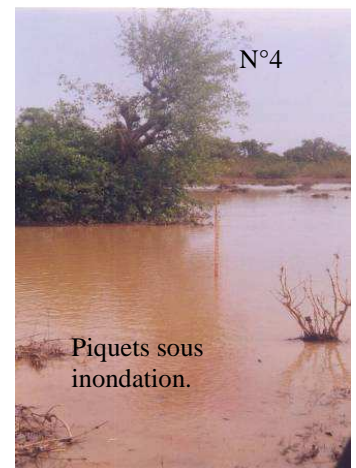
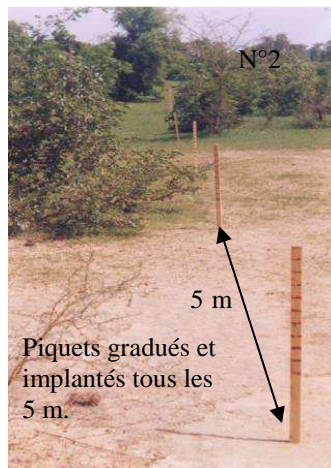
THESE

Présentée pour obtenir le titre de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU,
Spécialité : Sciences Biologiques Appliquées
Option : Biologie et Ecologie Végétales
par

Birguy M. LAMIZANA DIALLO

Sur le thème

IMPACT DE LA CRUE FLUVIALE SUR LES ECOSYSTEMES ET LES CONDITIONS DE VIE DES POPULATIONS RIVERAINES DU NAKANBE (BURKINA FASO).



Soutenu le 31 octobre 2009 devant la Commission d'Examen :

Président: GUINKO Sita, Professeur, Université de Ouagadougou

Membres: MAHE Gil, Professeur Université Montpellier 2, France

YONKEU Samuel, Maître de Conférences, 2iE Ouagadougou,

PALE Fatimata, Professeur Thiel College, Greenville, USA

MILLOGO/RASOLODIMBY Jeanne, Maître de Conférences, Université de Ouagadougou

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
ABSTRACT	III
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX	IV
SIGLES ET ABBREVIATIONS	VII
DEFINITIONS ET CONCEPTS	VIII
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : MILIEU D’ETUDE	175
I.1 CARACTERISTIQUE BIOPHYSIQUES GENERALES ET VEGETATION	5
I.1.1 BASSIN VERSANT DU NAKANBE.....	5
I.1.2 CONTEXTE CLIMATIQUE.....	6
I.1.3- GEOLOGIE ET SOLS	9
I.1.3- COUVERT VEGETAL	10
I.2. HYDROLOGIE	12
I.2.1. CARACTERISTIQUES.....	12
I.2.2. REGIME HYDROLOGIQUE.....	13
I.2.3. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX AQUIFERES.....	13
I.2.4. RESSOURCES EN EAU DISPONIBLES	15
I.2.5. BESOINS EN EAU DANS LE BASSIN DU NAKANBE.....	17
I.3. HISTORIQUE ET DONNEES SOCIOECONOMIQUES DES RETENUES D’EAU	18
I.3.1. HISTORIQUE DES RETENUES D’EAU	18
I.3.2. CARACTERISTIQUES ET DONNEES SOCIOECONOMIQUES DES RETENUES D’EAU DU NAKANBE	19
I.4. IMPACTS DES BARRAGES SUR LE NAKANBE	20
I.4.1. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES IMPACTS DES BARRAGES	20
I.4.2. REPERCUSSIONS ECOLOGIQUES DIRECTES DES RETENUES SUR LE NAKANBE	21
I.4.3. IMPACTS BIOCENOTIQUES DE LA MODIFICATION DES FACTEURS PHYSICO-CHIMIQUES DU MILIEU.....	23
I.4.4. INCIDENCE POSITIVE SUR L’ECONOMIE DU BURKINA FASO	26
I.4.4.1. <i>L’irrigation et aménagements hydroagricoles</i>	26
I.4.4.2. <i>Approvisionnement en eau potable et en électricité des centres urbains</i>	27
I.4.4.3. <i>Autres activités socio-économiques : pêche et pastoralisme</i>	27
I.4.5. INCIDENCE NEGATIVE SUR LA POPULATION	28
I.5. PRESENTATION DES SITES D’ETUDES	29
CONCLUSION	30
CHAPITRE II. IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DES RESSOURCES NATURELLES DU BASSIN DE NAKANBE	31
INTRODUCTION	31
II.1. METHODOLOGIE	32
II.1.1. CHOIX DES SITES	33
II.1.2. CHOIX DE LA POPULATION ENQUETEE ET DONNEES A COLLECTER.....	34
II.1.3. OUTILS DE COLLECTE ET D’ANALYSE DES DONNEES	35
II.2. RESULTATS	36
II.2.1. RESULTATS DES ENTRETIENS EN GROUPES FOCALISÉS DANS LES DIFFERENTES LOCALITES	36
II.2.2. RESULTATS DES ENQUETES INDIVIDUELLES DANS LA ZONE D’ETUDE	42
II.2.2.1. <i>Relation des populations avec les cours et plans d’eau</i>	42
II.2.2.2. <i>Contribution des cours d’eau à la sécurité alimentaire de la population</i>	43
II.2.2.3. <i>Dynamique socioéconomique au niveau de la zone d’étude</i>	47

II.2.2.4. <i>Utilité des hygrophytes au niveau de la zone d'étude</i>	50
II.4. DISCUSSION	54
CONCLUSION	57
CHAPITRE III – IMPACTS DE LA CRUE FLUVIALE SUR LES ECOSYSTEMES RIVERAINS DU NAKANBE	59
INTRODUCTION	59
III.2. METHODES	60
III.2.1. CHOIX DES SITES D'ETUDES POUR LE SUIVI DES HYGROPHYTES ET DE L'INONDATION	60
III.2.2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL	61
III.2.2.1. <i>Suivi floristique</i>	61
III.2.2.2. <i>Suivi de l'inondation</i>	63
III.2.2.3. <i>Interaction : régime fluvial, végétation des berges et comportement des poissons</i>	64
III.2.3. ANALYSE DES DONNEES DE LA VEGETATION ET DE L'INONDATION	65
III.3. RESULTATS	68
III.3.1. ANALYSE FLORISTIQUE	68
III.3.1.1. <i>Résultats de la classification hiérarchique des relevés</i>	69
III.3.1.2. <i>Résultats de l'ordination des relevés</i>	74
III.3.2. SUIVI DE L'INONDATION.....	76
III.3.3. INTERACTION REGIME FLUVIAL/VEGETATION DES BERGES.....	77
III.3.4. INTERACTION REGIME FLUVIAL, VEGETATION DES BERGES ET COMPORTEMENT DES POISSONS.....	79
III.4. DISCUSSION	80
CONCLUSION	83
CHAPITRE IV : DETERMINATION DES BESOINS EN EAU DES ECOSYSTEMES	84
INTRODUCTION	84
IV.1 APPROCHE METHODOLOGIQUE	85
IV.1.1. ETAT DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE SUR LE DEBIT ENVIRONNEMENTAL	85
IV.1.2. EVALUATION DU DEBIT ENVIRONNEMENTAL	87
IV.1.3. CHOIX DU MODELE D'ALLOCATION DE L'EAU	90
IV.2 RESULTATS	92
IV.2.1. BIENS ET SERVICES TIRES DES ECOSYSTEMES HUMIDES	92
IV.2.2. BESOINS EN EAU DE L'ECOSYSTEME.....	93
IV.2.2.1. <i>Evaluation du débit environnemental</i>	93
IV.3. DISCUSSION	94
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	99
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	102
ANNEXES	115
RESUME	

DEDICACE

Je dédie ce travail tout d'abord...

À l'Éternel, mon créateur et maître.

À mon époux Olivier,

À mes enfants Kenny, Keith et Késène,

À toute ma famille,

À mes parents, tous mes oncles et tantes

À mes frères, sœurs, cousins et cousines

À mes grands parents

À la mémoire de mes chers disparus

Je dédie également cette thèse...

À tous mes enseignants

À mes promotionnaires

À tous mes ami(e)s

À Tous mes collègues

Que finalement ce mémoire soit une contribution à une meilleure gestion des écosystèmes et des ressources en eau pour un développement harmonieux et durable de nos pays.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je remercie la Fondation Internationale pour la Science (FIS) pour le soutien financier accordé à cette thèse ainsi que pour les opportunités d'échanges et de réseautage offertes et qui m'ont permis d'avancer dans ma recherche.

J'exprime ma profonde gratitude à mon directeur de thèse Prof. Jeanne Millego-Rascodimby du Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales pour son soutien incondicional, l'encadrement scientifique de ce travail et pour son témoignage d'amitié sincère. Elle a su m'initier aux bases fondamentales de biologie végétale et d'écologie, ce qui a non seulement enrichi mon travail mais aussi toute mon approche vis-à-vis de l'écologie en général.

Je remercie du fond du cœur Dr Anne Mette Lykke du Laboratoire de Biologie à l'Université de Århus, au Danemark qui m'a acceptée sans hésitation dans son équipe et m'a initiée aux techniques d'analyses multicritères indispensables à l'achèvement de cette thèse.

Pendant les phases de terrain, j'ai bénéficié du concours précieux de Kicouro Drabo, Alice Onadjia/Batiana, Boubacar Ouédraogo, Sosthène Nabcho, de Seydou Ouédraogo pour les enquêtes socio-économiques. Lokré Simporé, Camille Tonge, Blaise Bilge, Abdramane Bancé m'ont accompagné depuis 2004 pour le suivi mensuel de la végétation des berges du Massili et du Nakanbé. Pascal Bilge, Sidiki Ouédraogo, Yacouba Kaboré sont de ceux qui m'ont épaulé pour le suivi de l'inondation. Ludovic Tapsoba m'a apporté une aide précieuse dans l'obtention et l'analyse des données hydrologiques ainsi que dans la relecture de ce document. Halidou Koanda et Yeni Yaro m'ont respectivement appuyé dans l'utilisation des logiciels SPSS pour l'analyse socioéconomique et Arc-View GIS pour la réalisation de la carte d'inondation. Salifou Tracré a été d'une aide précieuse dans l'obtention des données climatologiques et a contribué par ses conseils à l'amélioration de ce document. Un grand merci à Panny Diasso qui m'a apporté un appui inestimable dans l'amélioration des images de ce document et à ma jumelle Mame Dague Diep pour ses remarques pertinentes. Que toutes ces bonnes volontés trouvent ici, l'expression de mes sincères remerciements.

Je remercie sincèrement tous ceux qui ont pris de leur temps et ont contribué par leur remarques et suggestions à l'amélioration de ce travail.

À tous ceux qui ont accepté de prendre part au jury de cette thèse, je leur exprime ma plus haute gratitude. Au président du jury (Professeur Sita Guinko) et aux membres du Jury (Gis Mahé, Samuel Yenkeu, Fatimata Palé)

Mes remerciements vont également à tous les enseignants, doctorants et personnels du Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales et de celui de Biologie et Ecologie Animales. Chacun à sa manière m'a apporté appui et conseils. À tous ceux et celles, dont le concours et le soutien ont permis la réalisation de ce mémoire, toute ma reconnaissance et ma gratitude. Merci pour les sacrifices consentis à mon égard.

À mon époux et à mes enfants, eux qui ont consenti d'énormes sacrifices durant toutes ces années de recherche, je dis infiniment merci.

ABSTRACT

The Nakanbe Basin was subject to a survey aiming, firstly to demonstrate the socio-economic importance of the basin's resources and to assess the impacts of dams on the Nakanbe river flow, the functioning of aquatic ecosystem and the livelihood of riparian population. Secondly, this work consisted in determining the amounts of water required to sustain these ecosystems which, if taking into account in water allocation models would enhanced their functioning.

The socioeconomic survey targeted 198 household in six localities in the centre and "plateau central" regions. The flora assessment with the transect-band method and, the inundation ones, took place on five sites on the Nakanbe and Massili river bank.

The socioeconomic survey shows the influence of the water courses on the existence of the basin's resources and the dependency of the population vis-à-vis these resources. The income from activities related to the presence of water courses and bodies allow the population to face various expenses: food (31%) health (31%) and education of children (23%). However, the exploitation of the banks of the water courses and bodies, even if it provides a better well-being to people, has a negative impact (silting, deforestation,...) on the ecosystem.

The study certifies that the Nakanbe river banks vegetation is diverse: 40 families represented by 124 species with a predominance of Poaceae (18 %). It also highlights a distribution of hygrophytes following a transversal sense (right side, left side) and a longitudinal sense (upstream-downstream). A variation of the flora characterized by the appearance and disappearance of hygrophytes following the inundation phases is also highlighted. Biodiversity at the sites is explained more by the height of the water level ($R^2 = 95.7\%$; $p = 0.0426$) than by the duration of the flood. The study reveals that the regime of the river flow has an impact both on the hygrophytes and the ecology of fish species found in the Nakanbe.

Hydrological analysis indicates that the availability of water allows to take into account the ecosystem water needs. The environmental flow determination, based on the transect-band method and the water level obtained from assessing the inundation on the field, is 10m^3 for the 3 months. This flow is about 27% of the mean annual runoff and therefore meets a fairly good environment objective.

Key words: Hygrophytes, Nakanbé, Massili, river flow, environnemental flow, Burkina Faso.

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation du Bassin Versant du Nakanbé (source : BNDT, 2004)	5
Figure 2: Gradient pluviométrique du bassin versant du Nakanbé (Hijimans, 2005).....	6
Figure 3: Évolution de la pluviométrie annuelle de trois stations représentatives du bassin versant du Nakanbé (A= Ouahigouya; B= Ouagadougou; C= Ouargaye).....	8
Figure 4: Durée moyenne de la saison des pluies et période optimale de remplissage des barrages de trois stations représentatives du bassin versant du Nakanbé.....	8
Figure 5: Carte géologique du bassin Nakanbé (Source : Hottin et Ouedraogo, 1976).	9
Figure 6: Carte pédologique du Nakanbé (source : Boulet, 1968; Kaloga, 1968)	10
Figure 7: Situation phytogéographique du bassin du Nakanbé selon la classification de Fontès et Guinko (1995).	12
Figure 8: Variabilité des NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, résolution 1 km ²) à la mi-octobre) sur le bassin versant du Nakanbé (Source : NASA/LPDAAC).....	12
Figure 9 : Distribution des forages en fonction de leur débit sur le bassin du Nakanbé.....	14
Figure 10: Niveau statique de la nappe phréatique des forages sur le bassin du Nakanbé.	14
Figure 11: Nombre de barrages par pixel de 10' X 10' (source : Cecchi et <i>al.</i> , 2007).	16
Figure 12: Répartition des retenues d'eau dans le bassin du Nakanbé.	16
Figure 13 : Les sites d'études représentés sur le bassin du Nakanbé.....	30
Figure 14 : Carte des régions du Burkina Faso- en gris foncé, celles enquêtées	32
Figure 15 : Échelle de bien-être nationale, source Calkins et <i>al.</i> , 1996.....	33
Figure 16 : Schéma de la répartition des ressources du village de Dapelogo	40
Figure 17 : Schéma de la répartition des ressources du village de Kougri	40
Figure 18 : Schéma de la répartition des ressources du village de Tanghin-Yandghin	41
Figure 19 : Schéma de la répartition des ressources du village de Bangrin à Loumbila.....	41
Figure 20 : Schéma de la répartition des ressources du village de Gampéla	42
Figure 21 : Utilisation de l'eau des cours et plans d'eau pour diverses activités par la population enquêtée.....	43
Figure 22 : Activités pratiquées par les populations dans les différents villages.....	44
Figure 23 : Photo illustrant les activités pratiquées par les populations riveraines.....	45
Figure 24 : Extraction de matériaux pour la construction de maisons, hangars et greniers.....	46
Figure 25 : Exploitation du sable dans les cours d'eau et sur les berges	47

Figure 26 : Lieu de pratique des activités	47
Figure 27 : Source de revenus de la population enquêtee.....	48
Figure 28: Principaux motifs de dépense et montant estimé des dépenses annuelles.....	49
Figure 29 : Biens possédés par les ménages enquêtés	49
Figure 30 : Répartition des biens de la population enquêtée par localité.....	50
Figure 31 : Principal mode de soin des populations enquêtées.....	50
Figure 32 : Raison de l'utilisation des plantes médicinales et leur disponibilité.....	51
Figure 33 : Raisons données de la disparition des plantes et impact sur le plan sanitaire	52
Figure 34 : Lieu d'approvisionnement en bois et accessibilité de cette ressource.....	53
Figure 35 : Exploitation du bois (a) et charbon de bois (b).....	53
Figure 36 : Schéma représentatif des sites de suivi floristique et d'inondation.....	61
Figure 37 : Site d'observation sur lequel est matérialisé le dispositif d'étude.....	62
Figure 38 : Matériel et dispositif pour le suivi de l'inondation.....	64
Figure 39 : Identification et choix de la dimension de représentation des résultats floristiques	67
Figure 40 : Détermination du nombre de groupes de relevés	69
Figure 41 : Répartition des relevés du site de Ziga-amont et de Zékézé sur le Nakanbé.	72
Figure 42 : Répartition des relevés du site de Dapélogo suivant leur position en rive droite ou gauche et la distance au cours d'eau.	73
Figure 43: Répartition des relevés selon les cours d'eau Massili (en rouge) et Nakanbé (en vert).	74
Figure 44: Répartition des relevés des sites suivant leur position en amont et en aval.....	75
Figure 45 : Répartition des relevés sur le Nakanbé en fonction de leur position par rapport au cours d'eau	75
Figure 46: Répartition des relevés suivant la rive droite ou la rive gauche du cours d'eau.....	76
Figure 47 : Carte d'inondation du Massili, réalisée d'après les relevés de terrain (juillet-septembre 2006), sur fonds topographique de la feuille de Ouagadougou (1/100 000).	77
Figure 48: Nombre des espèces au niveau des cinq sites en fonction de l'inondation (durée et hauteur d'eau).....	78

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Potentiel en eau de surface du Nakanbé pour la période (1961-1999), (en milliards de m ³)	15
Tableau 2 : Volumes des réserves en eau souterraine et de l'infiltration du Nakanbé.....	17
Tableau 3 : Demande annuelle en eau du Nakanbé, pour l'année 2000 (millions de m ³).	17
Tableau 4: Caractéristiques des Principaux barrages sur le Nakanbé (1961- 2007), selon le modèle SMAP	20
Tableau 5 : Utilité des hygrophytes sur le plan alimentaire, fourrager et médical.....	52
Tableau 6 : Récapitulatif du suivi floristique des cinq sites avec les codes des périodes de passage utilisés dans l'analyse NMS et la classification hiérarchique.....	63
Tableau 7 : Indicator Values	70
Tableau 8 : Fréquence des espèces au niveau des sites d'études	78
Tableau 9 : Réponse des espèces en fonction de l'inondation (durée, nature et hauteur).....	78
Tableau 10: Caractéristiques principales des barrages.....	91
Tableau 11 : Demandes en eau du Nakanbé.....	91
Tableau 12 : Services tirés de l'écosystème Nakanbé d'après les observations et enquêtes de terrain (le canevas est adapté d'après Korsgaard, 2006).....	92

SIGLES ET ABREVIATIONS

AEP :	Alimentation en Eau Potable
ASSUDEC :	Association des Unions pour le Développement Communautaire
BBM :	Building Block Methodology (<i>Méthode d'évaluation des débits environnementaux</i>)
BNDT :	Banque Nationale des Données Topographiques
CLE :	Comité Local de l'Eau
CMB:	Commission Mondiale des Barrages
CSPS :	Centre de Santé Primaire
CVGT :	Conseil Villageois de Gestion du Terroir
DDER :	Détermination du débit environnemental requis
DG :	Disponibilité Globale
DGIRH :	Direction Générale des Inventaires des Ressources Hydriques
DGRE :	Direction Générale des Ressources en Eau
DRIFT:	Downstream Response to Impose Flow Transformation
EDE :	Evaluation du Débit Environnemental
EIER-ETSHER:	Ecole Inter-Etats de l'Equipement Rural (maintenant 2iE)
ETP :	Evapotranspiration Potentielle
FAO :	Food and Agriculture Organisation
FS-R:	Flow Stressor- Response
GIRE :	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
ISA :	Indicator Species Analysis
INSD :	Institut national des statistiques et de la démographie
IWMI :	Integrated Water Management Institute
GPS :	Global Positionnement System
LPDAAC:	Land Processes Distributed Active Archive Center
MEE :	Ministère de l'environnement et de l'eau
MOB :	Maîtrise d'ouvrage de Bagré
NDVI :	Normalized Difference Vegetation Index
NEPAD :	Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique
NMDS :	Non – Metric multi Dimensional Scaling
ONEA :	office national de l'eau
ONG :	Organisation Non Gouvernemental
PAR :	Population à risque
PIB :	Produit Intérieur Brut
RAF :	Réforme Agraire et Foncière
RGPH :	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SMAP :	Simulation Mensuelle des Apports Pluie
WCD :	World Commision on Dam
WEAP :	Water Evaluation And Planning System

DEFINITIONS ET CONCEPTS

Atténuation: c'est la mise en œuvre volontaire de décisions ou d'activités conçues pour atténuer les impacts indésirables d'une action proposée sur l'environnement concerné;

Bien-être : c'est un concept multidimensionnel impliquant la connaissance d'indicateurs de niveaux de vie, de satisfaction pour ne pas dire de bonheur ;

Débit : volume d'eau qui traverse une section transversale d'un cours d'eau (ou d'un canal) par unité de temps ". Généralement exprimé en $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, parfois en l s^{-1} pour les petits bassins (Glossaire international d'hydrologie, 1992).

Débit environnemental : c'est la quantité d'eau qui doit être laissée dans un système fluvial (après prélèvements pour divers usages), ou celle qui doit y être déversée (par lâchés à partir de barrages ou par transferts inter-bassins) en vue d'atteindre des objectifs spécifiques liés à la santé de l'écosystème fluvial.

Disponibilité Globale : c'est la disponibilité globale de l'eau qui est donnée par le rapport du volume disponible (VDip) au niveau des ressources sur le volume des demandes (VDem) à satisfaire: $DG = \text{VDip}/\text{VDem}$. Il y a pénurie si $DG < 1$.

Diversité biologique: c'est la vie sous toutes ses formes, les plantes, animaux et microorganismes différents, les gènes qu'ils contiennent et les écosystèmes qu'ils constituent. Ce concept est en général examiné à trois (03) niveaux: diversité génétique, diversité des espèces et diversité de l'écosystème;

Ecosystème: c'est un complexe dynamique de plantes, animaux, champignons et microorganismes, associé à un environnement non vivant qui interagit comme unité écologique;

Environnement: ce terme désigne de plus en plus le tissu complexe de relations entre des complexes abiotiques et biotiques qui maintiennent la vie sur terre y compris les aspects sociaux/de santé de l'existence humaine;

GIRE : c'est un processus de gestion des ressources en eau qui favorise le développement et la gestion coordonnés de l'eau, des terres et des ressources connexes, en vue de maximiser, de manière équitable, le bien-être économique et social en résultant, sans pour autant compromettre la pérennité d'écosystèmes vitaux .

Gradient d'humidité : différence de teneur en eau par unité de distance, généralement selon une direction verticale (Hallaire 1963).

Groupe focal : C'est un groupe de discussion qui rassemble des personnes de même milieu ou ayant des expériences semblables pour discuter d'un thème précis présentant un intérêt pour le chercheur (Dawson et al. 1995) ;

Hygrophytes : espèce végétale vivant dans des biotopes dont le sol et (ou) l'atmosphère sont saturés d'eau (Ramade, 1993) ;

Impact : C'est une modification provoquée par une action, en comparaison avec le cours « normal », en absence de l'action. Il est repéré dans un temps et un espace définis. Il couvre l'ensemble des domaines relatifs à l'environnement;

Module : C'est le débit moyen inter annuel (m³/s) qui est la synthèse des débits moyens annuels (QMa) d'un cours d'eau sur une période de référence (au moins 30 ans de mesures consécutives)

Module spécifique : c'est le module rapporté à la surface du bassin versant, généralement exprimé en litres par seconde et par kilomètre carré (l.s-1.km⁻²). Il permet d'étudier et de comparer l'hydrologie de bassins versants de dimensions différentes.

Ressource naturelle: c'est un bien, une substance ou un objet présent dans la nature et exploité pour les besoins d'une société humaine ;

Ripisylve : c'est une formation végétale naturelle et riveraine d'un milieu aquatique ; elle forme un liseré étroit ou un corridor très large.

Sécurité alimentaire : elle est définie par l'accès physique et économique de l'ensemble de la population, en toute période et en tout lieu, à une alimentation saine et suffisante pour satisfaire leurs besoins énergétiques et autres dans le cadre de leurs préférences alimentaires.

INTRODUCTION

Les écosystèmes aquatiques remplissent de multiples fonctions et services d'importance critiques (Dugan, 1992 ; Skinner et *al.*, 1994; Barbier E., et *al.*, 1997; De Groot et *al.*, 2002 ; Barbier et *al.*, 2008). Ils jouent un *rôle d'éponge*, en ce qu'ils permettent la rétention de l'eau et ont donc l'aptitude de contribuer au contrôle des inondations. En restituant cette eau de manière progressive notamment aux périodes d'étiage, les zones humides servent parfois de réservoirs de soutien de débits. En réduisant la vitesse des flux d'eau, les zones humides retiennent une bonne partie des matières en suspension. En plus des avantages au niveau de la fertilisation des terres, ce rôle de « pièges à sédiments » favorise l'amélioration de la qualité de l'eau et la consolidation des rivages. Ces propriétés, ajoutées à leur rôle de sanctuaires écologiques pour une multitude d'espèces végétales et animales, donnent une illustration de toute l'importance des zones humides, particulièrement dans les régions arides et semi-arides (Sene et *al.*, 2006).

La crue, en apportant de l'eau et les sédiments fertiles, est le facteur externe, qui entretient l'écosystème et qui crée des conditions favorables pour la colonisation et la croissance des organismes. En effet, le régime hydrologique conditionne les processus géomorphologiques qui façonnent les habitats aquatiques et rivulaires. Il influe sur les variables physico-chimiques du cours d'eau comme la température, l'oxygène dissous, les concentrations en fines (Rebillard, 2006). Il déclenche par des signaux les cycles biologiques des espèces. Enfin, il joue un rôle sélectif en favorisant les espèces adaptées à la variabilité hydrologique naturelle du cours d'eau (importance du régime d'étiage, des crues, du caractère stable ou non des débits...).

Or, les écosystèmes doivent être en bonne santé pour que ces bienfaits se manifestent. Toute atteinte à l'intégrité des eaux peut nuire à la santé des populations piscicoles, par exemple, ou à la capacité de purification de l'eau inhérente à l'écosystème aquatique. Elle peut aussi nuire à la santé des écosystèmes rivulaires, c'est-à-dire la végétation sur les berges et les arbres avoisinants dont les racines poussent dans la nappe phréatique peu profonde. Toutes ces conséquences écologiques nous apparaissent de plus en plus clairement, et c'est ce qui nous amène à nous interroger davantage sur les moyens de préserver ces aspects.

Il est heureux de constater que de plus en plus, de nombreux Etats sont conscients de l'importance des écosystèmes aquatiques et de leur dépendance vis à vis du régime de la crue naturelle (MEE, 2001). Des dispositions sont prises tant au niveau international qu'au niveau national soit pour contrôler en amont les nuisances occasionnées par les modifications

(physiques, biologiques, écologiques...), soit pour éliminer en aval les effets (Acreman et *al.*, 1996, 2000, 2004; Barbier et *al.*, 1997; Dyson et *al.*, 2003; IUCN, 2000 ; Iza, 2002 ; Ramsar, 2002). En effet, les Conventions de Ramsar (1971), de la Diversité Biologique (1992), et celle des Nations Unies sur les eaux partagées (1997 non encore entrée en vigueur) donnent le fondement nécessaire à la mise en place du cadre juridique adéquat au niveau sous-régional et au niveau national pour une gestion de l'eau qui garantit l'allocation du niveau d'eau requis pour la sauvegarde des fonctions essentielles des écosystèmes aquatiques (Ramsar, 2007). Depuis 1997, la politique nationale de l'eau de l'Afrique du Sud définit la « réserve » qui est la quantité et la qualité de l'eau nécessaire pour satisfaire à la fois les besoins fondamentaux de l'homme et ceux des écosystèmes aquatiques et garantir un développement et une utilisation écologiquement durables. De même, la loi d'Orientation relative à la gestion de l'eau du Burkina Faso (MEE, 2001), reconnaît dans son article 40, que «les ouvrages construits dans le lit des cours d'eau doivent maintenir un débit minimal garantissant la vie aquatique ...».

Cependant, traduire dans les textes la nécessité de garantir un niveau adéquat d'alimentation en eau des écosystèmes aquatiques est une chose, la mettre en œuvre en est une autre. En effet, les besoins qui peuvent être satisfaits par une gestion équitable et solidaire sont très variés. On pense immédiatement aux besoins en énergie que peut fournir l'hydro-électricité, à ceux pour l'irrigation, aux différents besoins : approvisionnement en eau des villes, d'aménagements pour lutter contre les crues et les inondations, aux besoins pour lutter contre les pollutions, pour des aménagements piscicoles, et qui correspondent à ceux que l'on peut qualifier d'actuels ou immédiats. Les besoins relatifs à la préservation et/ou la restauration des hydrosystèmes sont souvent méconnus ou ignorés, sauf à de rares exceptions. Au moment de la planification, les gestionnaires de l'eau oublient que les écosystèmes aquatiques, lorsqu'ils sont fonctionnels, sont la source de bénéfices économiques et sociaux. Ce sont alors des infrastructures naturelles qui remplissent des fonctions essentielles.

L'un des obstacles à la mise en œuvre concrète des politiques de l'eau garantissant la conservation et le développement durable des écosystèmes aquatiques est le manque de connaissance sur les besoins en eau spécifiques de ces écosystèmes. Et tant que l'on n'arrivera pas à déterminer ces besoins, la « nature » risque de continuer à être le parent pauvre des politiques de gestion des ressources en eau, y compris dans les cas où le principe de la gestion intégrée de l'eau et des bassins fluviaux est accepté (Niasse et Lamizana, 2004). Il y a donc urgence de disposer de méthodes permettant non seulement d'estimer les besoins en eau des

écosystèmes humides, mais aussi de mieux connaître la façon dont la satisfaction de tels besoins affecterait la capacité de répondre aux autres demandes, et la rentabilité générale des interventions qui ont été à la base de la perturbation du régime naturel du bassin fluvial considéré.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation des besoins en eau des écosystèmes (Evaluation du Débit Environnemental ou EDE), mais à notre connaissance aucune de ces méthodes n'a jamais été appliquée de façon systématique dans la région sahélienne. En effet, les pays tels que les Etats-Unis d'Amérique, l'Australie et l'Afrique du Sud ont développé de nombreuses approches méthodologiques pour l'EDE qui peuvent servir de base pour une application dans le contexte sahélien.

Le concept de débit environnemental se réfère à la quantité d'eau qui doit être laissée dans un système fluvial (après prélèvements pour divers usages), ou celle qui doit y être déversée (par lâchés à partir de barrages ou par transferts inter-bassins) en vue d'atteindre des objectifs spécifiques liés à la santé de l'écosystème fluvial. En conséquence, la notion de débit environnemental requis aide à déterminer la quantité d'eau qui peut être prélevée d'un cours d'eau sans affecter de façon sérieuse le fonctionnement de l'écosystème fluvial (King, Tharme et Brown, 1999). Dans les cas où un niveau élevé de prélèvement a déjà conduit à une forte dégradation de l'écosystème, la notion de débit environnemental requis aide à déterminer la quantité d'eau qui doit y être restituée pour assurer la restauration dudit écosystème (Tennant, 1976 ; King et *al.* 1999).

La notion de débit environnemental combine deux aspects : celui de l'évaluation des débits environnementaux, et celui de la définition des niveaux de débits nécessaires (Niasse et *al.*, 2004). L'évaluation des débits environnementaux est utilisée pour évaluer les niveaux de débit qui doivent continuer à être assurés sur toute ou partie de l'année pour le maintien des caractéristiques et fonctions spécifiques de l'écosystème fluvial. Il va s'en dire par conséquent que le niveau de débit requis va varier suivant les caractéristiques et fonctions retenues pour l'écosystème. Reconnaître l'importance du débit environnemental est une chose, savoir le déterminer et assurer sa gestion en est une autre, car attribuer peu d'eau à une zone humide ou, parfois, trop d'eau, peut profondément modifier son fonctionnement. Il est donc nécessaire de comprendre l'impact de ces perturbations et d'examiner les pistes de solution pour atténuer voire endiguer ces impacts.

Notre étude porte sur « **l'impact de la crue fluviale sur les écosystèmes humides et les conditions de vie des populations riveraines du Nakanbé** ». L'objectif principal est de

montrer l'importance de la crue fluviale pour les écosystèmes et pour les populations riveraines dans le bassin du Nakanbé.

Le choix du bassin du Nakanbé (*au sens strict*) s'explique par son importance pour le Burkina Faso, puisqu'il assure l'approvisionnement en eau potable, pourvoit aux besoins en eau de l'irrigation et de l'hydroélectricité pour une grande partie de la population. Le bassin occupe 13% du territoire du Burkina Faso, abrite 40% de la population et 60% de l'industrie burkinabé (MEE, 2001). Il totalise à lui seul, plus de 600 ouvrages hydrauliques (soit environ 1/3 des ouvrages existants). Le Nakanbé est donc le cours d'eau le plus perturbé qui appelle à une gestion intégrée prenant en compte tous les « usagers » y compris l'écosystème. Des modèles hydrologiques (tel que Mike Basin) ont été utilisés pour la gestion des ressources en eau de ce bassin mais l'accent a été plutôt mis sur des scénarii de gestion pour l'adduction en eau potable, l'irrigation et l'hydroélectricité. Ces modèles ne prennent pas en compte, ni ne permettent de déterminer les besoins en eau des écosystèmes.

Il est proposé ici de tester le « Downstream Response to Imposed Flow Transformation (DRIFT) », qui est une des méthodes holistiques de détermination de débits environnementaux, sur le Nakanbé. DRIFT est désigné pour décrire et quantifier les liens entre le changement du régime hydrologique et l'impact socio-économique sur les populations riveraines qui dépendent du fleuve pour leur subsistance (king et *al.*, 2004 ; Jordanova et *al.*, 2004 ; Rossouw et *al.*, 2005). Cette approche est en conformité avec la loi de l'eau du Burkina Faso qui prône l'allocation de l'eau pour les écosystèmes humides. Dans ce cadre, l'étude cherche à :

- montrer l'importance socio-économique des ressources du bassin du Nakanbé ;
- évaluer les impacts des barrages sur le régime du Nakanbé, le fonctionnement des écosystèmes humides et les moyens d'existence des populations riveraines, et ;
- déterminer les besoins en eau des écosystèmes humides qui, s'ils sont pris en compte dans un modèle d'allocation de l'eau, permettrait de parvenir à une meilleure gestion de l'eau au niveau du bassin.

Le présent document comporte 4 chapitres. Le premier présente le milieu d'études, le second aborde l'importance socio-économique des ressources du bassin du Nakanbé, l'impact de la crue fluviale sur les écosystèmes riverains du Nakanbé est examiné dans le troisième chapitre et enfin une méthodologie de détermination des besoins en eau des écosystèmes est proposée dans le quatrième chapitre.

CHAPITRE I : MILIEU D'ETUDE

I.1 Caractéristique biophysiques générales et végétation

I.1.1 Bassin versant du Nakanbé

Le bassin versant du Nakanbé (ex Volta Blanche) est situé entre les longitudes 0°10' Est et 2°43' Ouest et entre 10°58' et 14°08' de latitude Nord avec une superficie totale de 41 407 km². Le Nakanbé au sens strict (*s.s.*) couvre une superficie de 35 627 km² soit 13% du pays (figure 1). Le Nakanbé draine toute la partie centrale et le nord du plateau central. Les axes de drainage sont très intermittents et moins denses dans la partie septentrionale que dans la zone méridionale du bassin versant où les entailles sont plus denses et plus incisifs.

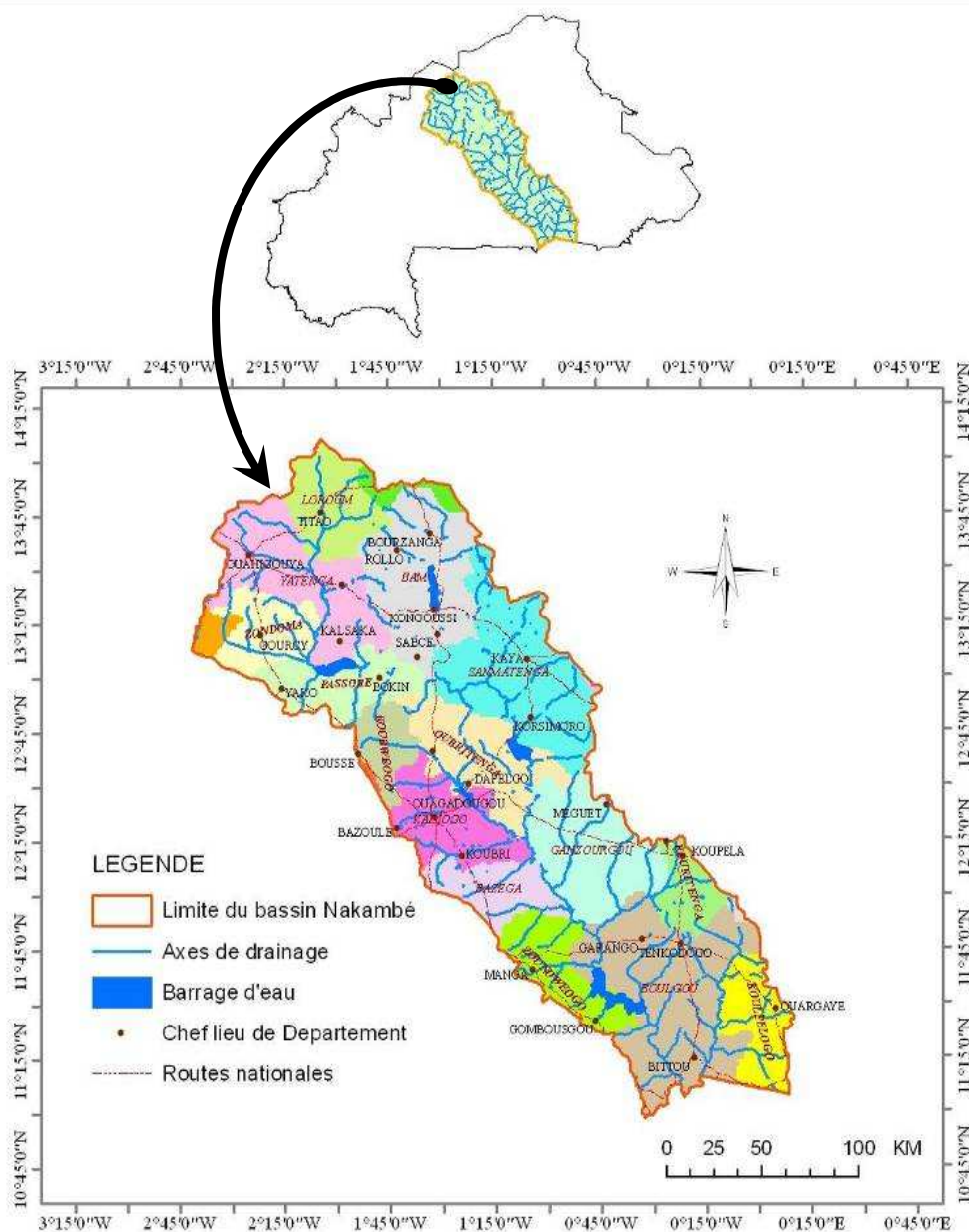


Figure 1: Localisation du Bassin Versant du Nakanbé (source : BNDT, 2004)

I.1.2 Contexte climatique

Le climat a de profondes répercussions sur l'environnement et plus particulièrement sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Le bassin versant du Nakanbé représente un transect de gradient climatique avec une pluviométrie moyenne annuelle (1960-2002) variant entre les isohyètes 460 et 960 mm selon l'interpolation climatique de Hijimans et *al.* (2005) (figure 2). Il regroupe donc les 3 secteurs climatiques du pays : le secteur subsahélien, le secteur nord soudanien et le secteur sud soudanien. L'évolution saisonnière influence grandement la superficie et le volume des biotopes aquatiques, paramètres qui conditionnent à leur tour la biologie et la dynamique de la flore et de la faune. Une étude approfondie du climat du bassin versant du Nakanbé est réalisée à travers l'analyse des données climatiques de trois stations représentatives (Ouahigouya, Ouagadougou, Ouargaye) choisies suivant le gradient climatique nord-sud. Les données analysées ont été fournies par la Direction de la météorologie nationale et elles couvrent la période 1971-2007.

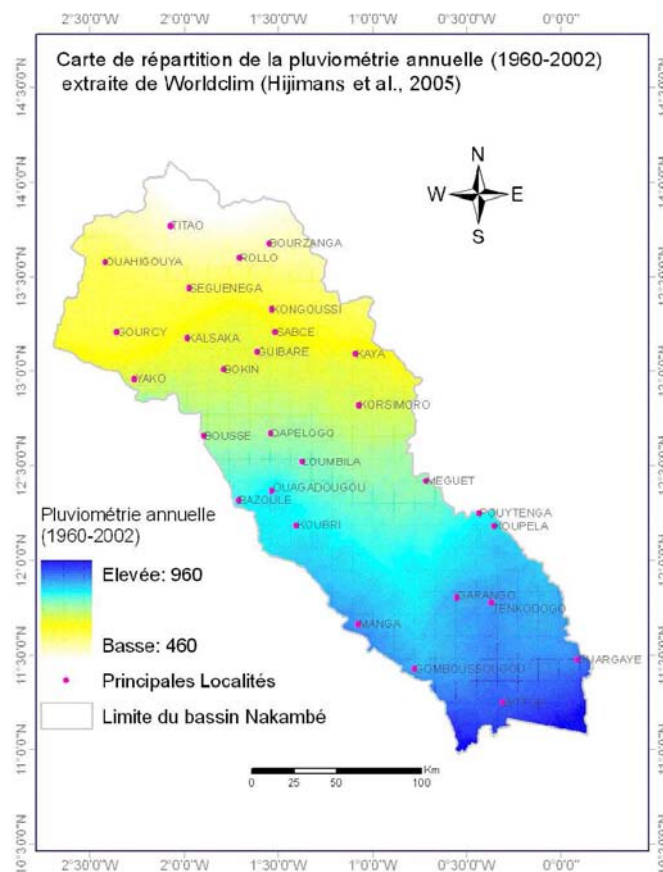


Figure 2: Gradient pluviométrique du bassin versant du Nakanbé (Hijimans, 2005)

* Insolation et vent

Au niveau du bassin versant du Nakanbé, la durée moyenne annuelle de l'insolation varie entre 6,5 heures et 9,5 heures. Les plus faibles valeurs s'observent en août et en

septembre et les valeurs les plus élevées s'observent de novembre à février. La vitesse moyenne du vent varie pendant l'année entre 1,3 m/s et 2,9 m/s. Elle est plus faible pendant les mois de septembre et octobre et plus forte aux mois de mai et juin. Ces deux paramètres contribuent à l'évaporation des plans d'eau.

*** Température**

La température influence la photosynthèse et la respiration qui sont les deux activités majeures des plantes. Dans la zone d'étude, la température moyenne varie entre 24°C et 34°C durant l'année. Les mois de mars, avril et mai sont les plus chauds et les températures les plus basses s'observent pendant les mois de décembre et janvier. L'amplitude thermique varie entre 17°C et 8,5°C. Les écarts de température les plus importants s'observent de novembre à février. Ces écarts deviennent plus faibles pendant les mois de juillet, août et septembre qui correspondent à la saison des pluies.

*** Humidité relative**

L'humidité relative (ou degré d'hygrométrie) influence la phénologie des ligneux en région sahélienne. Durant l'année, l'humidité relative moyenne varie entre 15% et 80%. Les plus fortes valeurs sont enregistrées pendant les mois de Juillet, août et septembre. Les plus faibles interviennent juste à la fin de l'harmattan (février à mars).

*** La pluviométrie annuelle**

La pluviométrie est d'une importance capitale en écologie et agronomie car elle détermine la distribution spatiale et la productivité des espèces végétales. Elle sert aussi d'indicateur du taux de remplissage des retenues d'eau et de la recharge de la nappe phréatique. Pour la période 1971- 2007, la pluviométrie annuelle sur l'ensemble des stations analysées, a fluctué entre 350 mm et 1150 mm. La moyenne interannuelle est de 608 mm à Ouahigouya, 726 mm à Ouagadougou et 836 mm à Ouargaye (figure 3).

*** Durée de la saison des pluies**

La saison des pluies est la période de l'année au cours de laquelle les végétaux disposent de l'eau en quantité suffisante pour se développer. Au début de la saison des pluies, des ruissellements de surface extrêmement forts contribuent au remplissage des retenues d'eau, d'autant plus que les sols à la fin de la saison sèche sont très dénudés. La période optimale de remplissage des barrages est la période pendant laquelle la pluviométrie est supérieure à l'évapotranspiration potentielle (ETP). En effet, une année dite de sécheresse correspond à une pluviométrie inférieure à ETP/2. La saison des pluies dure 40 jours, 70 jours et 80 jours respectivement à Ouahigouya, Ouagadougou et Ouargaye (figure 4).

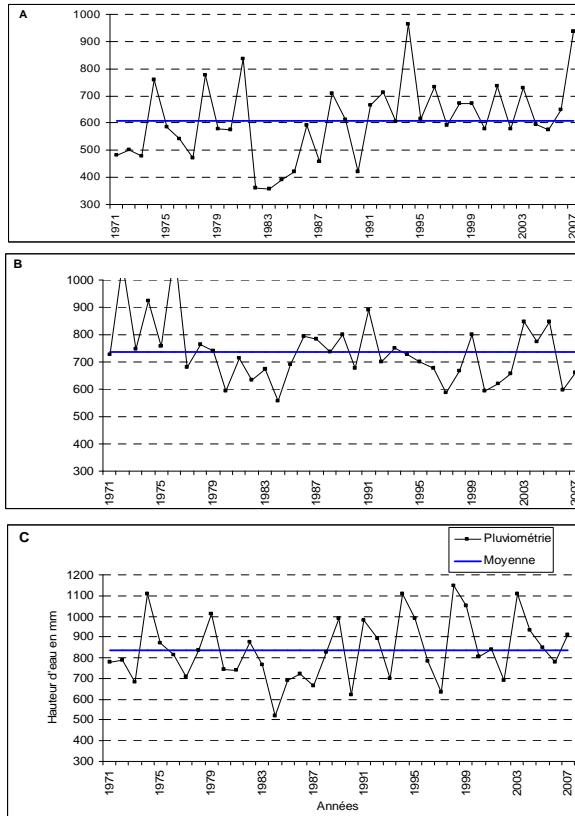


Figure 3: Évolution de la pluviométrie annuelle de trois stations représentatives du bassin versant du Nakanbé (A= Ouahigouya; B= Ouagadougou; C= Ouargaye).

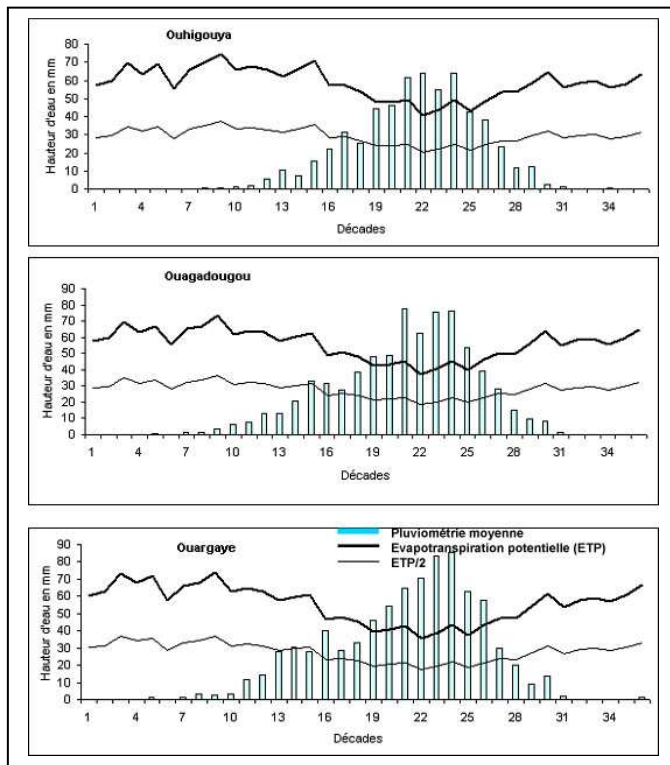


Figure 4: Durée moyenne de la saison des pluies et période optimale de remplissage des barrages de trois stations représentatives du bassin versant du Nakanbé.

I.1.3- Géologie et sols

* Géologie

Le bassin du Nakanbé regroupe des formations géologiques précambriennes composées de formations birrimiennes et antébirimiennes (figure 5). Les formations birrimiennes sont formées par les roches plutoniques et volcano-sédimentaires. Les roches plutoniques sont représentées par les granites à biotite ou indifférenciés associés aux granodiorites et aux granophyres alcalins. Les roches volcano-sédimentaires sont surtout localisées dans la zone septentrionale et regroupent des métasédiments argileux ou argileux-gréseux, des métavolcanites et pyroclastite. Les formations antébirimiennes regroupent les migmatites et granites indifférenciés qui sont dominantes sur l'ensemble du bassin versant. La géologie est très déterminante dans la formation et le débit des aquifères. On distingue alors les aquifères sur socle cristallin et les aquifères sur socle sédimentaire.

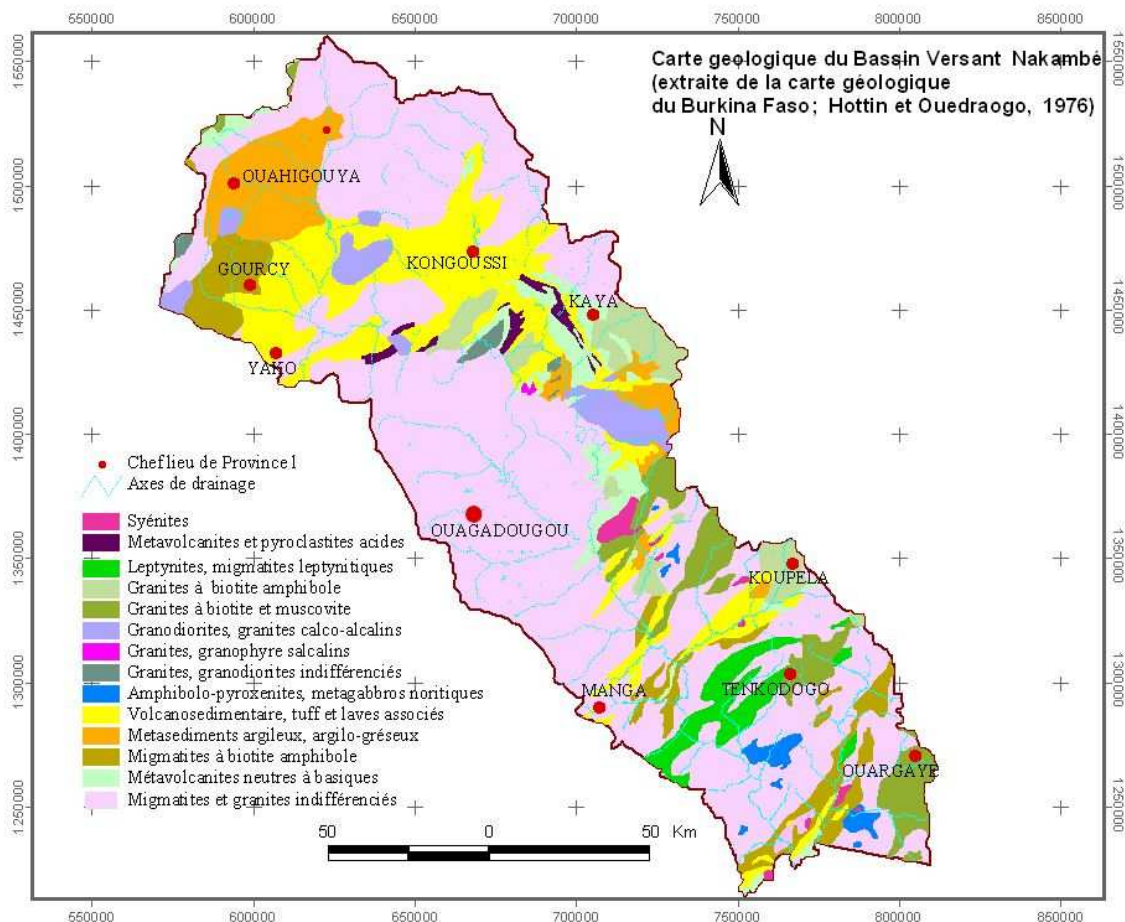


Figure 5: Carte géologique du bassin du Nakanbé (Source Hottin et Ouedraogo, 1976)

* Sols

Le Nakanbé présente des types de sols très diversifiés en relation avec le substrat géologique, les apports éoliens et les régimes de drainages. La zone septentrionale du bassin

présente des glacis supérieurs très cuirassés. Elle se distingue de la zone méridionale qui se caractérise par une accentuation de l'altération et le déblaiement de la cuirasse due à la densité du réseau hydrographique. Dans cette zone méridionale se développent les sols à paysage verticale. La prospection pédologique de Boulet, (1968) et de Kaloga, (1968) distingue les principaux types de sols suivants : les sols à minéraux bruts, les sols peu évolués, les sols à sesquioxyde de fer, les sols halomorphes, les sols hydromorphes (qui se rencontrent le long des axes de drainage et les plaines alluviales contigües), les vertisols, les sols bruns eutrophes (Figure 6).

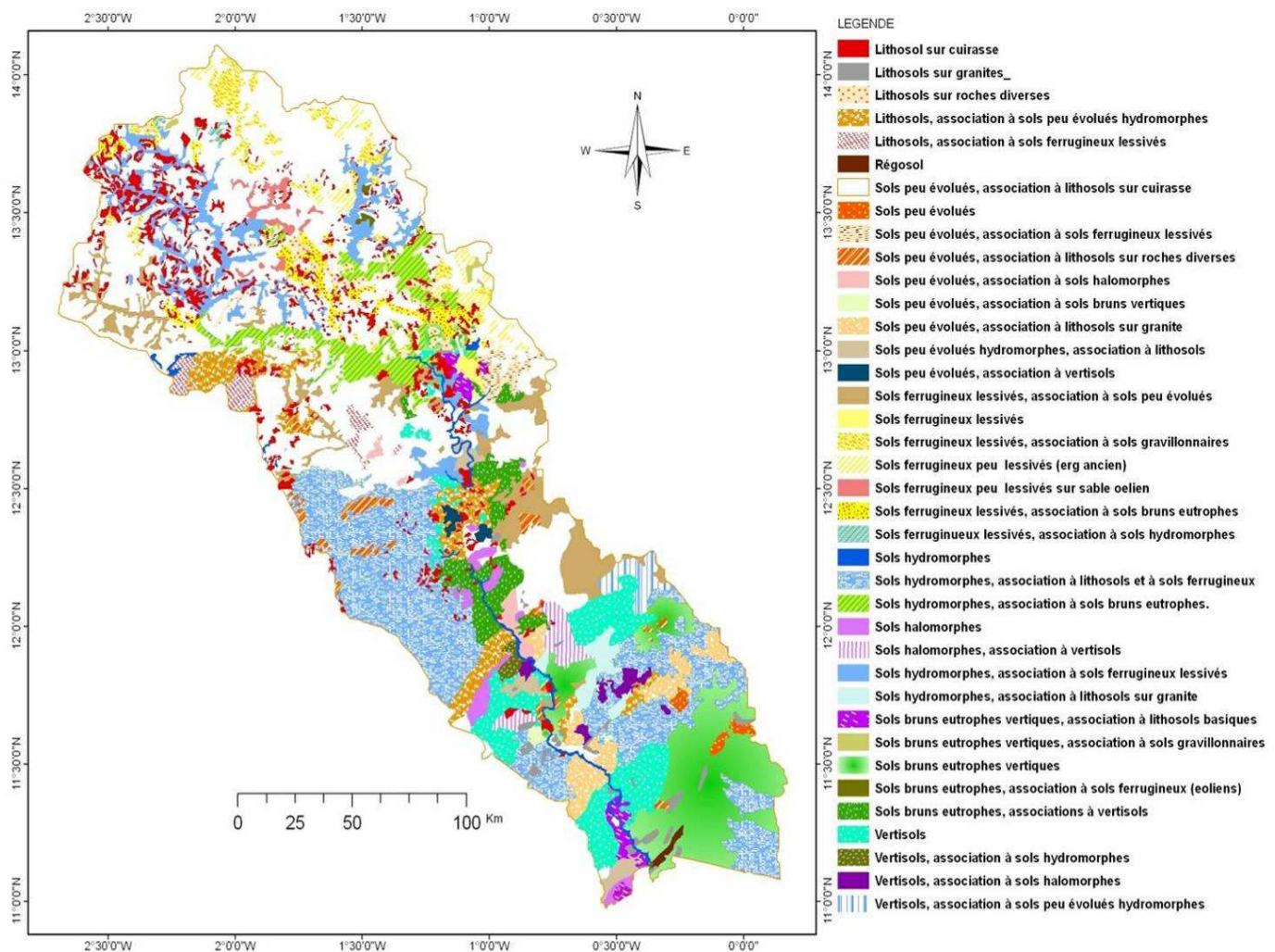


Figure 6: Carte pédologique du Nakanbé (source : Boulet, 1968; Kaloga, 1968)

I.1.3- Couvert végétal

Selon la subdivision phytogéographique de Fontès et Guinko (1995), le bassin du Nakanbé regroupe 3 principaux secteurs phytogéographiques : le secteur subsahélien, le secteur nord-soudanien et le secteur sud-soudanien (figure 7). La végétation du secteur subsahélien est caractérisée par une steppe ou une savane arbustive clairsemée sur les glacis.

Les formations ripicoles et forêts galeries du Nakanbé sahélien sont très étroites et les espèces les plus communes sont *Mitragyna inermis*, *Crateva adansonii*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia seyal*, *Acacia ataxacantha*. Le Nakanbé soudanien sur glacis présente une végétation dominée par les savanes arbustive et arborées avec des faciès agrestes dominée par *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata*. Les forêts galeries et les cordons ripicoles deviennent plus larges, au fur à mesure qu'on avance dans le sud avec les entailles du réseau hydrographique et l'augmentation des précipitations, que dans le Nakanbé sahélien. Les principales espèces sont *Mitragyna inermis*, *Crateva adansonii*, *Anogeissus leiocarpus*, *Ziziphus spina-christi*, *Khaya senegalensis*.

Les forêts galeries et les cordons ripicoles, comme la végétation des glacis, sont fortement dégradés en raison de la forte pression sur les terres (Hien et al., 1996). Selon cet auteur, des zones nues se développent préférentiellement le long du réseau hydrographique, naissant sur les berges pour s'étendre progressivement vers les glacis (Figure 7). Mahé et al., (2005) ont également montré une diminution du couvert végétal de 43 à 13% dans le bassin du Nakanbé et une augmentation de la zone cultivée de 53 à 76% entre 1965 et 1995. Diello et al., (2006), notent aussi une forte diminution du couvert végétal au profit des surfaces cultivées et des sols nus entre 1975 et 2002.

La méthode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) intègre des paramètres tels que la pluie, la température, l'humidité, le vent, le type de sol, l'hydrographie, la géologie, la végétation, l'occupation des sols et les aménagements (Diello et al., 2005). Elle permet ainsi de mesurer la réflectance du couvert végétal. Les images NDVI (format Modis) du bassin du Nakanbé montre une baisse significative des indices pour la même période (mi-octobre) en 1998, 2003 et 2007 (Figure 8). Ce qui exprime une diminution du taux de recouvrement de la végétation due à la variabilité climatique et à l'occupation croissante des terres.

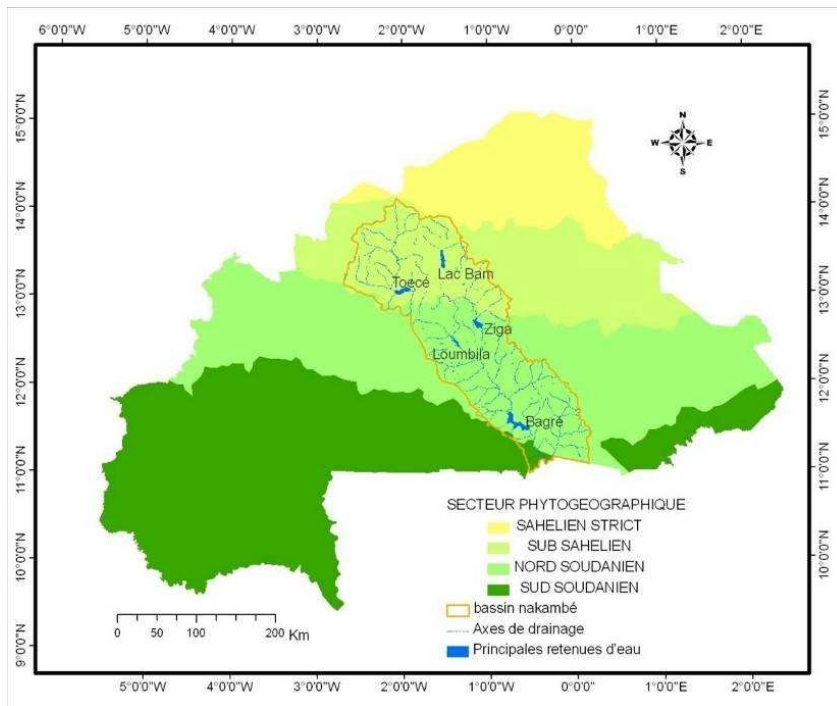


Figure 7: Situation phytogéographique du bassin du Nakanbé selon la classification de Fontès et Guinko (1995).

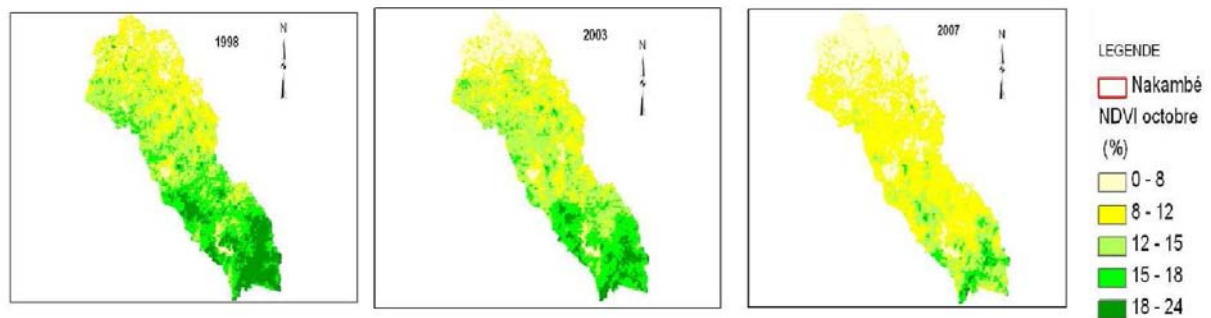


Figure 8: Variabilité des NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, résolution 1 km²) à la mi-octobre) sur le bassin versant du Nakanbé (Source : NASA/LPDAAC).

I.2. Hydrologie

I.2.1. Caractéristiques

Les caractéristiques des bassins hydrographiques sont fondamentalement déterminées par la géologie, le climat et par la façon dont le bassin évolue dans le temps. Un bassin versant est un espace qui reçoit l'eau des précipitations et alimente les cours d'eau. Limité par une ligne de partage des eaux, le bassin possède un réseau hydrographique qui collecte le ruissellement en provenance des versants ainsi qu'une charge formée de sédiments, de matière organique particulaire et de substances dissoutes. On peut donc considérer qu'un cours d'eau est une artère du bassin versant véhiculant de l'eau, des éléments minéraux et de la matière organique vers la mer (Amoros et Petts, 1993).

I.2.2. Régime hydrologique

Le bassin de la Volta est soumis à deux régimes hydrologiques: le régime tropical pur et le régime tropical de transition. Le Nakanbé appartient au régime tropical pur qui se caractérise par une période des hautes eaux de juillet à septembre et d'un arrêt de l'écoulement dont la date est de plus en plus précoce lorsqu'on remonte vers les sources.

Le Nakanbé, avec ses 1025 km de longueur du cours d'eau principal, prend sa source dans la région de Ouahigouya, une région qui ne reçoit guère plus de 500 mm de pluie par an en moyenne. Au cours de sa trajectoire, elle reçoit sur sa droite le Massili, qui draine avec d'autres petits marigots la région de Ouagadougou (Moniod et *al.* 1977). Les axes de drainage du Nakanbé ne coulent que pendant la saison des pluies. Ils sont caractérisés par des écoulements intermittents pouvant se produire en mai mais ce n'est qu'en juillet-août-septembre que les débits deviennent réguliers. Ces débits se renforcent de l'amont vers l'aval pour atteindre à Bagré une valeur moyenne de $65.4\text{m}^3/\text{s}$ en juillet, $145\text{m}^3/\text{s}$ en août et $107\text{m}^3/\text{s}$ en septembre. Ces trois mois représentent 88% des écoulements annuels. A Bagré, le module interannuel de 1961 à 2006 est de $37.48\text{m}^3/\text{s}$ (DGRE, 2008). Les tarissements sont très rapides. Le débit nul survient en début novembre en amont (station de Wayen) et début décembre en aval (station de Bagré). Les débits des cours d'eau et le niveau de remplissage des retenues sont étroitement liés.

I.2.3. Description des principaux aquifères

Selon le substrat géologique, le bassin versant du Nakanbé présente deux types d'aquifères : les aquifères du socle cristallin et ceux du sédimentaire. Les aquifères du socle cristallin (granites, migmatites, leptynites) donnent un ensemble de nappes discontinues. La disponibilité de l'eau y est liée à la fracturation où à l'altération des roches et le débit est faible (moyenne $2\text{m}^3/\text{h}$). Ce type d'aquifères est le plus dominant sur le bassin du Nakanbé (figure 9). Par conséquent dans ces zones, les besoins d'eau pour la demande des centres urbains et pour l'irrigation sont difficiles à satisfaire. Les aquifères du socle sédimentaire (métasédiments) présentent une fracturation plus intensive et plus régulière que celle qui affecte le domaine cristallin assurant ainsi une continuité des nappes qui s'y trouvent. Ces formations sont d'étendue restreinte, mais présentent d'énormes potentialités en eaux souterraines du fait de leur recharge rapide et de leur coefficient d'emménagement élevé. Les débits y sont plus importants et peuvent atteindre $100\text{m}^3/\text{h}$.

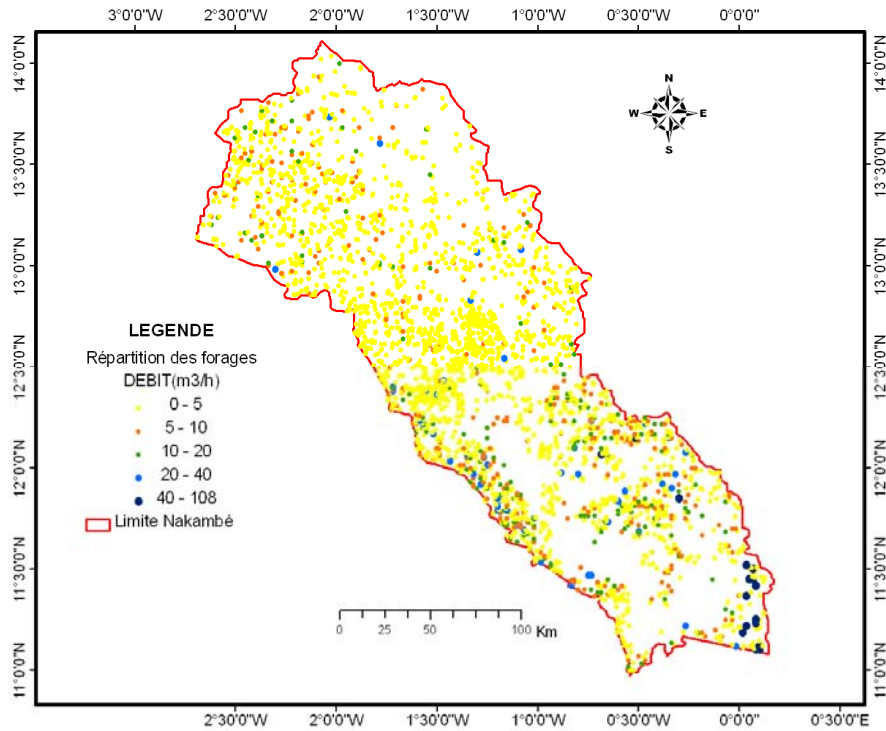


Figure 9 : Distribution des forages en fonction de leur débit sur le bassin du Nakanbé.

Les niveaux statiques élevés sont concentrés (plus de 30 m) et sont bien représentés dans la moitié septentrionale. Les niveaux statiques faibles et intermédiaires (moins de 30 m) sont régulièrement repartis sur tout le bassin versant (Figure 10).

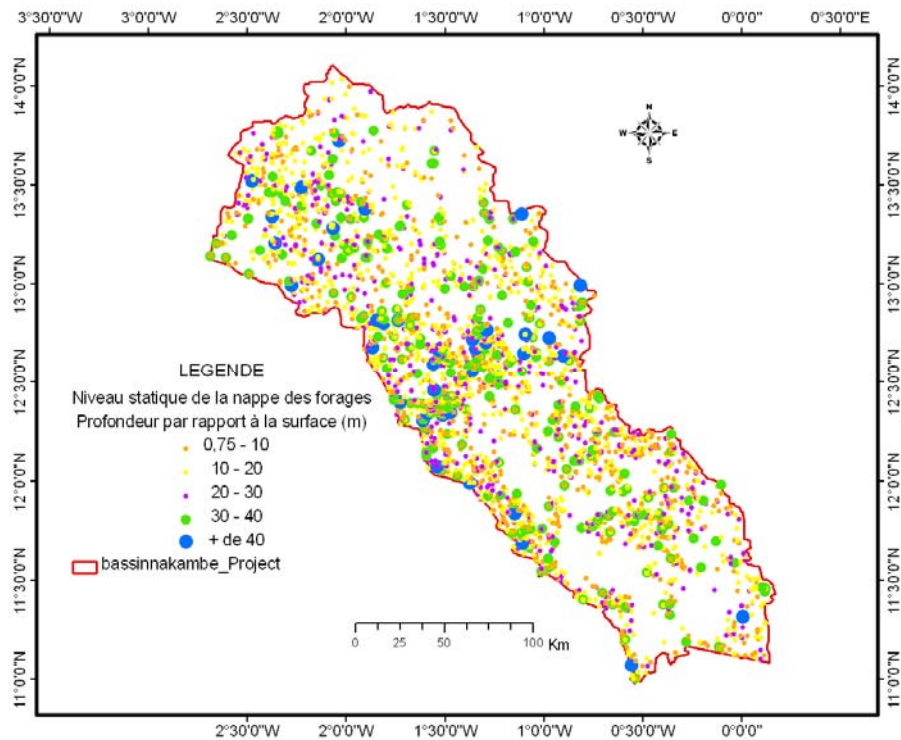


Figure 10: Niveau statique de la nappe phréatique des forages sur le bassin du Nakanbé.

I.2.4. Ressources en eau disponibles

Le bassin versant du Nakanbé est le plus aménagé au Burkina Faso (Figure 11). En effet, l'inventaire réalisé en 2005 par la DGIRH a permis de dénombrer environ 725 retenues d'eau dans le bassin du Nakanbé (y compris la Nouhao), ayant une capacité totale de 2,2 milliards de m³. Ces retenues sont réparties en petits aménagements de faible capacité et quelques gros ouvrages structurants tels que : Bagré (1,7 milliards de m³) destiné à l'irrigation et à l'hydroélectricité, Loumbila (42 millions de m³) pour l'alimentation en eau potable (AEP) de Ouagadougou, le barrage de Toécé/Kanazoé (75 millions de m³), le barrage de Ziga (200 millions de m³) également pour l'AEP de Ouagadougou. Les lacs naturels du Bam (41,2 millions de m³), de Dem (12 millions de m³), de Sian (6 millions de m³) constituent également des pôles de mobilisation des eaux de surface du bassin.

Ces pôles représentent 42% de la capacité totale de stockage en eau de surface du Burkina Faso. La modicité de la ressource ne permet pas la pérennité des écoulements de surface. En effet, le Nakanbé ne s'écoule pas au-delà du mois de novembre. Il est cependant difficile d'établir un bilan précis des eaux de surface du bassin national du Nakanbé, à cause de la très grande importance des volumes stockés dans les barrages par rapport aux volumes écoulés. Les volumes écoulés annuellement avoisinent 2,44 milliards de m³ et l'écoulement annuellement stocké vaut environ 2,2 milliards de m³ (Tableau 1). Les petites retenues connaissent une évaporation intense (60 - 70%) généralement et peuvent s'assécher en saison sèche. Les grandes retenues connaissent une évaporation moins intense (40%) et sont pérennes en année de pluviométrie normale. Le statut pérenne ou temporaire des barrages varie selon les années et selon le régime climatique. Sur le Nakanbé, ce statut varie du nord au sud. Les retenues pérennes du Nakanbé sont celles qui ont généralement une capacité supérieure à un million de m³.

Tableau 1 : Potentiel en eau de surface du Nakanbé pour la période (1961-1999), (en milliards de m³)

Bassin	Apports annuels mesurés à la confluence ou à la sortie du territoire burkinabè	Volume interannuel retenu	Potentiel du bassin selon les mesures de terrain	Potentiel du bassin selon la modélisation
Nakanbé	2,44	2,20	3,32	3,08
Burkina Faso	7,5	2,66	8,6	8,79

Source : Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso, mai 2001

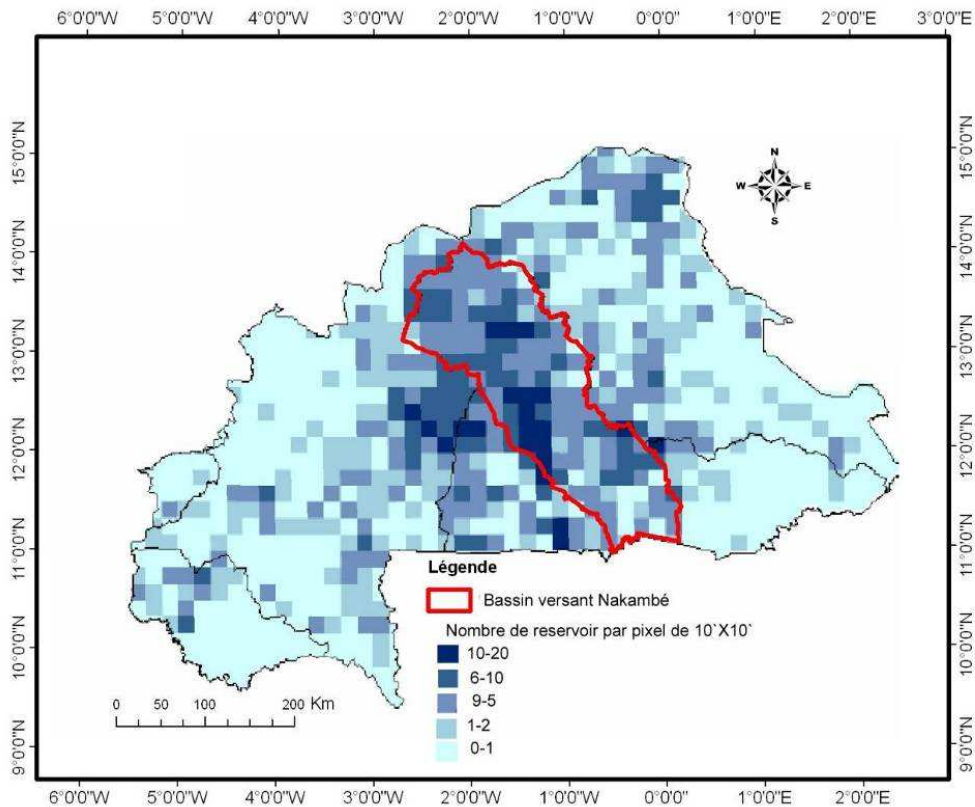


Figure 11: Nombre de barrages par pixel de 10'X 10' (source : Cecchi et al., 2007).

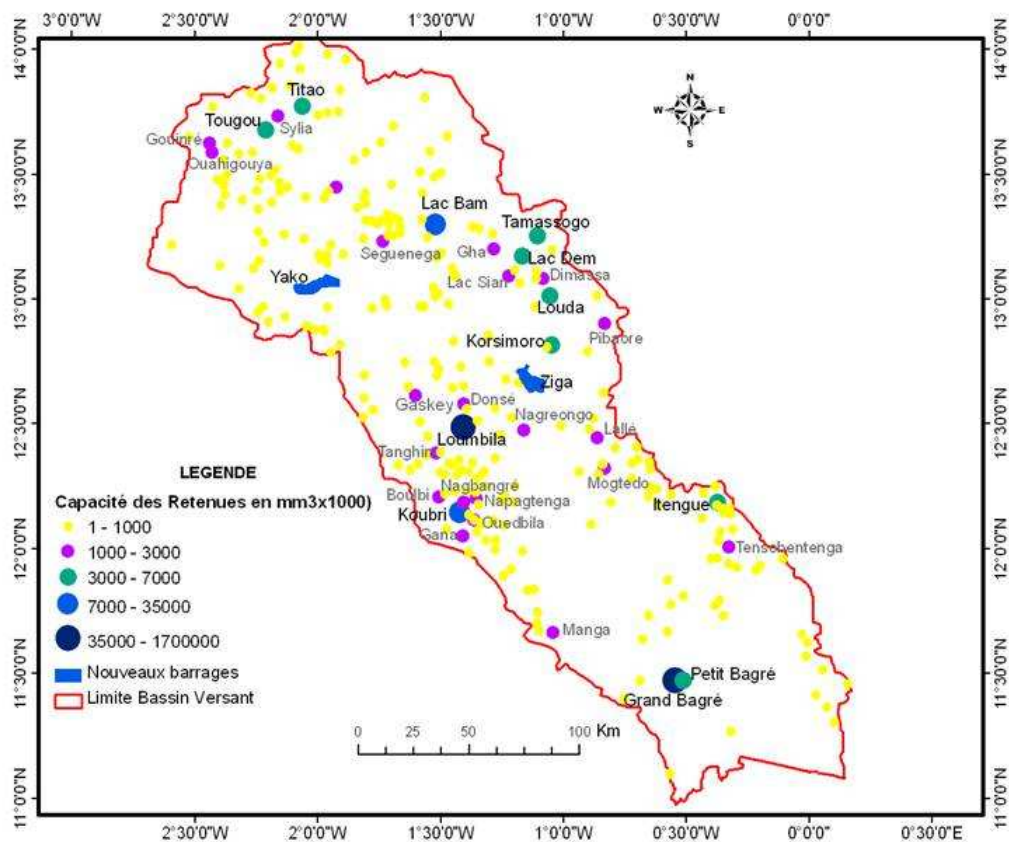


Figure 12: Répartition des retenues d'eau dans le bassin du Nakanbé.

Selon les bases de données de la DGIRH (2005), le Nakanbé compte près de 4000 points d'eau modernes (puits et forages) pour assurer la consommation en eau des populations. Les réserves en eau souterraines sont données dans le tableau 2.

Tableau 2 : Volumes des réserves en eau souterraine et de l'infiltration du Nakanbé.

Bassin versant	Réserves totales (en milliards de m ³)			Eau utile infiltrée (en milliards de m ³)		
	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Valeur adoptée	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Valeur adoptée
Nakanbé	22	138	80	2,8	13,9	8,4
Burkina Faso	268	534	402	13,23	51,53	32,43

Source : Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso, mai 2001

I.2.5. Besoins en eau dans le bassin du Nakanbé

Les besoins en eau dans le bassin hydrographique du Nakanbé sont particulièrement importants tant en milieu rural étant donné la prédominance des usages hydro-agricoles, qu'en milieu urbain pour l'alimentation en eau potable (AEP) de la ville de Ouagadougou et les activités industrielles (Tableau 3). A côté des activités traditionnelles de subsistance, le bassin compte d'importantes activités agropastorales, maraîchères, piscicoles, artisanales et industrielles. Le bassin abrite la capitale Ouagadougou ainsi que 6 villes moyennes (Ouahigouya, Yako, Kaya, Koupéla, Pouytenga et Tenkodogo), 60% des industries et d'importantes autres activités, toutes directement ou indirectement tributaires de la ressource en eau. Ouagadougou est devenue, depuis les années 90, le poumon économique du pays avec 60% des activités industrielles, environ 1 million d'habitants, et un taux d'accroissement démographique de plus de 5% l'an.

Les besoins de tous les usagers, à moyen terme, vont grandissant. De plus, le bassin du Nakanbé est un bassin transfrontalier dont l'exutoire est la frontière d'avec le Ghana. Il y a donc lieu de considérer au delà des besoins ci-dessus évoqués, le caractère des eaux partagées régies par les Conventions internationales ainsi que la nécessité d'observer les débits environnementaux requis pour l'écosystème. Ces besoins en eau s'expriment en termes de quantités disponibles mais aussi de qualité.

Tableau 3 : Demande annuelle en eau du Nakanbé, pour l'année 2000 (millions de m³).

Domestique	Irrigation	Elevage	Industrie	Minière	Demande consommatrice totale	Hydroélectrique
38,42	66,24	16,29	1,31	0	122,26	1 300

Source : Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso, mai 2001

L'analyse du tableau montre que les besoins des écosystèmes aquatiques ne sont pas exprimés et apparaissent au second plan. On comprend bien que la satisfaction des besoins vitaux des populations reste une priorité. Mais, il est nécessaire de maintenir un environnement sain qui sous-tend les valeurs d'agrément, les équilibres écologiques et la biodiversité (écosystèmes aquatiques et autres). Par ailleurs, il est constaté une dégradation progressive des ressources en eau suite à l'augmentation des pollutions agricoles, industrielles et domestiques. Même le bassin est fortement menacé par la pression des activités humaines (dégradation du couvert végétal, surexploitation des sols...). Si l'on n'y prend pas garde, toutes les activités seront touchées car les différents utilisateurs ont leurs exigences spécifiques et l'exploitabilité de la ressource va diminuer avec sa dégradation qualitative.

I.3. Historique et données socioéconomiques des retenues d'eau

I.3.1. Historique des retenues d'eau

De tout temps les hommes ont tenté de tirer un profit maximal de l'eau en réalisant d'importants aménagements hydrauliques tels que barrages, réservoirs, canaux, réseaux d'irrigation, puits etc. C'est en Afrique du Sud que furent édifiées les premières retenues artificielles importantes, dans le but d'irriguer les terres cultivées tels que le barrage de Hartbeespoort construit en 1923 et celui de Vernon Hooper en 1927 (South Africa Institution of Civil Engineer, 1975). En Afrique centrale et de l'Ouest, les premiers grands ouvrages ont été établis avec pour rôle principal, de régulariser les écoulements à des fins agricoles comme celui de Markala au Mali, mais certains d'entre eux étaient déjà destinés à la production d'énergie électrique, le barrage des Aigrettes (1925), Sélingué (1981) et Manantali (1988) au Mali, Akosombo (1963) au Ghana, Edéa (1980) au Cameroun. C'est dans ce dernier domaine que l'établissement des barrages est le plus immédiatement productif et le moins nocif à l'environnement. A l'heure actuelle il n'existe pratiquement plus, en Afrique, de rivière de grande ou moyenne importance dont l'écoulement naturel ne soit modifié par une retenue artificielle. Sur les cours d'eau de moindre débit, c'est par milliers que se comptent digues et barrages destinés au stockage des eaux à des fins agricoles.

Au Burkina Faso, les premiers barrages ont été construits dans les années 1920, le plus souvent par les missions catholiques pour stabiliser les populations autour de leur centre en leur offrant des conditions de vie moins précaires. Ces initiatives ont été renforcées par celles de l'administration coloniale qui ont permis de construire, avant 1960, plus d'une centaine de barrages pour l'approvisionnement en eau des populations et du cheptel. À partir de 1960, des

programmes de construction de petits barrages de terre ont été successivement lancés avec, souvent, des aménagements hydroagricoles en aval (Nombre, 1996 ; Poda et *al.*, 2003).

De nos jours, tous les principaux cours d'eau du pays comptent au moins une retenue artificielle. Cela est compréhensible, car, un voyageur parcourant le Burkina Faso à différentes époques de l'année est toujours frappé par la différence des niveaux d'eaux entre la saison sèche et la saison des pluies. A titre d'exemple, les rivières connaissent un débit important permettant l'inondation des plaines et le remplissage des dépressions boueuses. Quelques mois plus tard (mars à juin), il est constaté dans ces mêmes dépressions des herbes desséchées ou le lit craquelé d'un marigot à sec. Ce constat justifie l'option d'un stockage des eaux de crue pour pallier l'assèchement trop prononcé en saison sèche, et pour étaler dans le temps le bénéfice de leur présence.

La réalisation des réserves d'eau est souvent vitale pour le bétail et l'approvisionnement des agglomérations. Les retenues et les systèmes d'irrigation, qui leur sont associés, vont permettre un développement agricole dans des régions très défavorisées. Elle offre la possibilité de créer la vie là où il n'y avait que désert, ou bien de produire l'électricité essentielle à l'économie. Toutefois, le bilan n'est pas que positif, et la création de la majorité des plans d'eau artificiels s'accompagne d'un impact écologique certain. La Commission Mondiale des Barrages (WCD, 2000) conclut à un succès mitigé des barrages et recommande de s'appuyer sur cinq valeurs pour tout projet de barrage : l'équité - l'efficacité - la prise de décision participative - la viabilité - la responsabilité.

I.3.2. Caractéristiques et données socioéconomiques des retenues d'eau du Nakanbé

En Afrique de l'Ouest, le Burkina Faso a le plus grand nombre d'ouvrages hydrauliques. C'est un pays soudano-sahélien en proie à la sécheresse, à la désertification et aux changements climatiques. Les lacs, mares et retenues d'eau y revêtent une importance capitale et constituent de grands pôles d'intérêt socio-économique. Parmi les nombreuses retenues d'eau du bassin du Nakanbé, celle de Loumbila, de Ziga et de Bagré occupent une place de choix.

Le réservoir de Loumbila (12°29 N, 01°24 W) a été créé en 1947 par le barrage de la rivière Massili (affluent du Nakanbé) à une quinzaine de kilomètres au Nord Est de Ouagadougou. Ce réservoir draine un bassin versant de 2120 km². La capacité du réservoir est 42,2 Mm³. Jusqu'en 2004, sa superficie en pleine eau était de 16,8 km², pour une profondeur moyenne de 2,15 m. De nombreux maraîchers exploitent les rives du lac et la pêche y

représente une activité bien établie. Le barrage de Ziga a été construit sur le Nakanbé à 50 kilomètres à l'est de Ouagadougou. C'est le deuxième cours d'eau du pays en termes de longueur et de débit annuel. Mise en eau en juillet 2000, la retenue a une capacité de 200 millions de m³ sur 84 km². Les barrages de Loumbila et de Ziga sont munis de puissantes pompes, des stations de traitements, de bêche au sol et de châteaux d'eau pour alimenter Ouagadougou en eau.

Le barrage de Bagré se situe à 150 kilomètres à vol d'oiseau au sud-est de Ouagadougou. Il a été construit en aval du barrage de Ziga sur le même cours d'eau. La mise en eau a eu lieu en 1992. En côte maximale, la nappe d'eau couvre une superficie de 80 km de long sur 3 à 4 km de large soit 255 km². Il a une capacité maximale de 1,7 milliards de m³ et est destiné à l'irrigation contrôlée de 7 400 ha et à la production d'électricité (Tableau 4).

Tableau 4: Caractéristiques des Principaux barrages sur le Nakanbé (1961- 2007), selon le modèle SMAP

Barrage	Pluie (mm)	H (m)	V (Mm ³)	Sup. (km ²)	Prélèvement			Coordonnées
					Evaporation (m ³)	AEP (m ³)	Irrigation (m ³)	
Toécé	622,9	7	68,7	48,2	17 582 400	-	Maraîchage principalement	02°30'40''W 12°01'42''N
Bam	531,2	4,50	42,4	25,6	16 804 800	-	3 468 960	01°30'55''W 13°19'55''N
Loumbila	726,9	7	42,2	16,3	17 668 800	11414 730	Maraîchage principalement	01°24'07''W 12°29'36''N
Ziga	666,9	9	200,1	71,8	15 120 000	22014022	Maraîchage principalement	01°00'34''W 12°33'30''N
Bagré	822,9	20	1720	258	14 299 200	-	4 081 731	00°33'00''W 11°27'00''N

N.B. les aménagements en amont des barrages de Toécé, Loumbila et Ziga sont artisanaux, par conséquent les prélèvements ne sont pas connus.

I.4. Impacts des barrages sur le Nakanbé

I.4.1. Etat des connaissances sur les impacts des barrages

Les répercussions de la création des retenues artificielles sont multiples avec des aspects bénéfiques justifiant la modification des écoulements, et d'autres qui par contre sont moins avantageux. Les aspects les mieux documentés concernent les modifications limnologiques fondamentales (Jackson et *al.*, 1976 ; 1988a, 1988b ; Shaheen et Yosef, 1978, 1980), ainsi que le développement excessif de végétation aquatique qui est l'une des

premières manifestations biologiques macroscopiques résultant de la fermeture des retenues (Cecchi *et al.*, 2002 ; 2004). Les changements biocénotiques profonds induits par les barrages sont nettement moins étudiés, exception faite des peuplements de poissons et les pêches (FAO, 2001 ; Jackson *et al.*, 2001).

Le passage, d'un régime à eaux courantes à un régime à eaux stagnantes, a favorisé le développement de nombreux organismes lenticques dont certains sont vecteurs d'endémies. Plusieurs auteurs se sont penchés sur les répercussions sur la santé compte tenu de l'exploitation systématique de ces milieux aquatiques modifiés (Hunter *et al.*, 1994, Parent *et al.*, 1997 ; Poda *et al.*, 2003). Enfin, la réalisation d'un lac artificiel favorise le développement d'activités humaines, que ce soit au niveau même du plan d'eau, ou dans son bassin d'alimentation. Inévitablement, ces milieux deviennent récepteurs d'effluents ou d'eaux de ruissellement, et sont appelés à présenter des symptômes, soit de pollution aiguë, soit d'eutrophisation (Shrestha et Kazama , 2007 ; He *et al.* 2007).

D'une manière générale, les lacs de retenues sont caractérisés par des régimes différents des lacs naturels. Leur particularité hydrodynamique résulte du fait que la régulation des échanges d'eau est, dans la majeure partie des cas, entièrement sous la dépendance de l'homme (gestion du barrage). Par conséquent, l'irrégularité des écoulements à l'aval des barrages est la cause de graves perturbations écologiques résultant de processus variables d'exploitation des ouvrages, et des variations de niveau du plan d'eau.

La création de retenues artificielles entraîne la modification profonde de la cinétique de l'eau en transformant, à l'amont, un cours d'eau en lac ; alors qu'en aval, ce sont les débits du cours d'eau qui sont modifiés. Outre la modification profonde des régimes hydrologiques, il faut signaler les modifications physico-chimiques des bassins liées à un changement de la cinétique des transports solides, ainsi que les modifications écologiques consécutives aux variations du niveau d'eau en amont des retenues.

I.4.2. Répercussions écologiques directes des retenues sur le Nakanbé

De nombreux travaux réalisés (Hien *et al.*, 1996, Mahé *et al.*, 2005, Diello *et al.*, 2005, Diello *et al.*, 2006) dans le bassin du Nakanbé font apparaître une rapide progression des zones cultivées et des sols nus au détriment des formations végétales naturelles. La progression des zones dénudées est liée à la diminution généralisée de la pluviométrie accélérée par une forte pression anthropique sur l'écosystème : coupe abusive du bois, extension anarchique des terres cultivées, exploitation de nombreux sites aurifères et création d'importantes retenues d'eau (Marchal, 1983 ; Kanzièmo, 1999 ; Soulé, 1999 ; Borrell, 2000).

Les ressources naturelles en général et pastorales en particulier se dégradent considérablement sous les effets conjugués du barrage, de l'action anthropique (défrichements, coupe abusive du bois, etc.) et des aléas climatiques (faiblesse et irrégularité de la pluviométrie, érosion hydrique, changements climatiques, etc.). C'est une situation fréquente illustrée ici par le cas du village de Ziga. En effet, les terres cultivables les plus fertiles des villages aux alentours de Ziga sont des bas-fonds, jadis exploités par les populations riveraines, se sont retrouvées sous l'eau avec la réalisation de la retenue d'eau de Ziga. De même, les meilleurs espaces de pâturage se sont également retrouvés sous l'eau. La disparition des bas-fonds inondables a entraîné celle de nombreux arbres et herbes et modifié la composition floristique des terroirs. Une autre conséquence est la disparition ou la menace de disparition des espèces végétales et animales spécifiques aux zones humides et à haute valeur génétique et socio-économique (Da, 2006).

Du fait que le Nakanbé était sans débit pendant cinq à six mois de l'année et que l'apport à la frontière était constitué pour moitié par la Nouhao, il n'était pas prévu de laisser un débit réservé à l'aval du barrage de Bagré au moment de sa création en 1992. Dans ce contexte, selon Sogreah (1977), une fois le barrage en place, il ne s'écoulera plus en aval du cours d'eau que les déversés du barrage si celui-ci est à but uniquement agricole ou alors un débit régularisé pendant une durée annuelle moyenne de l'ordre de cinq mois dans le cas d'un barrage hydroélectrique. Le barrage de Bagré étant à vocation hydroélectrique, le régime du Nakanbé est devenu permanent à l'aval du barrage. Ce régime permanent à l'aval a suscité l'exploitation de presque toutes les berges du Nakanbé en culture de contre saison entraînant un ensablement progressif du cours d'eau.

La mise en œuvre du projet Bagré a provoqué aussi la perte de 25 500 ha de terres cultivables et d'importantes modifications locales et régionales dans le domaine environnemental, et socio-culturel. Alors que toute l'attention semblait portée sur les aménagements prévus en aval et présentés comme l'espoir d'amélioration des conditions de vie des populations installées, les villages en amont ont connu un bouleversement de nature moins favorable. Il s'agissait de l'inondation de milliers d'hectares de terres cultivables d'où l'abandon de zones de culture, l'inondation totale des terroirs de Fougou et Yakala ou partielle (Dierma, Niarba et Bèguedo). Les villages ayant subi des dommages suite à la mise en eau du barrage n'étaient pas ceux qui étaient les plus concernés par la riziculture irriguée. Ceux qui ont perdu des riches terres se retrouvaient ainsi sans autre moyen de survie (Bidon, 1995).

L'envasement est le problème majeur tant au niveau du barrage de Loumbila, de Ziga que de Bagré. En effet, le déboisement inconsidéré, le surpâturage, la surexploitation du sol, les incendies et les pratiques agricoles inadéquates accélèrent l'érosion et contribuent largement à emplir de terre les barrages et les cours d'eau dans le bassin du Nakanbé. Le quotidien Sidwaya du 25 juin 2008, a fait un dossier spécial sur l'ensablement des retenues d'eau au niveau du Burkina faso. A cet effet, il révélait que, depuis la mise en exploitation du barrage de Kompienga (1989) environ 3 m de hauteur de sable sont entassés dans ce lac. Au niveau du barrage Bagré, le phénomène d'ensablement est également observé, même s'il est à un degré moindre par rapport à la Kompienga. L'augmentation du coefficient de ruissellement consécutif à une augmentation des terres dégradées en est la principale cause. Cela est en grande partie lié à l'augmentation des surfaces cultivées, à la baisse persistante des pluies et la diminution corrélative de la biomasse produite. Le non-respect des réglementations en matière culturale joue également un rôle important. A Bagré, la Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (MOB) a pris des dispositions en collaboration avec la direction provinciale de l'Agriculture du Boulgou afin que les cultures se fassent à 100 m des berges et au-delà de la côte maximale. Cette mesure a l'avantage, même en temps de crue, de laisser les cultures intactes et de ne pas charrier la boue sous l'eau. Malheureusement, au fur et à mesure que l'eau recule, que ce soit à Bagré, Mogtédou et Kompienga, «des agriculteurs récalcitrants» prennent d'assaut les lits et les bassins des lacs.

Les matériaux en provenance de l'amont se déposent peu à peu dans le barrage et diminuent progressivement sa capacité de stockage. De plus les dépôts solides peuvent occasionner de fâcheuses conséquences à l'aval de l'ouvrage :

- Une accélération de l'érosion du lit du cours d'eau, les eaux claires peu minéralisées étant plus agressives que les eaux chargées ;
- Les éléments minéraux piégés dans la retenue ne sont plus disponibles pour l'alimentation de certains micro-organismes, source de nourriture des poissons, et pour la fertilisation des terres riveraines.

I.4.3. Impacts biocénétiques de la modification des facteurs physico-chimiques du milieu

Le changement du régime hydrologique des eaux en amont des barrages s'accompagne de profonds désordres biocénétiques avec des changements des facteurs abiotiques qui vont plus ou moins se répercuter sur le biome. Dès le commencement du remplissage de la cuvette lacustre, les espèces les plus rhéophiles sont immédiatement éliminées, le cas des *Diptères Simuliidae* étant certainement l'un des plus démonstratifs. En fait, l'ensemble des

composantes faunistiques ou floristiques de caractère lotique ne peut plus (ou moins rapidement selon les espèces concernées), supporter pleinement les nouvelles conditions écologiques à caractère lentique qui s'installent. Elles vont disparaître, seules les plus eurytopes étant susceptibles de s'adapter.

C'est probablement parmi les espèces très vagiles qu'il y aura le plus de possibilités de survie dans un premier temps. Les poissons en sont un exemple, et la composition spécifique des populations présentes en amont d'une retenue va rapidement évoluer. D'une manière générale les espèces qui se reproduisent ordinairement en eau calme, vont être favorisées (*Tilapia*, *Sarotherodon*, *Hemichronis*,...), alors que celles se reproduisant en eau courante (*Barilius*, *Labeo*, *Mormyrus*, ...) vont se raréfier ou disparaître. Dans le sud du barrage de Akosombo par exemple, les captures de *Tilapia* sont passées de 1 à plus de 50% dans les prises totales des pêcheurs, dans les années qui suivirent immédiatement la fermeture du barrage (Petr, 1971). Aujourd'hui, le poisson se fait rare dans les eaux burkinabè. A Komienga comme à Bagré, les plus grandes retenues productrices de poisson du Burkina Faso, les pêcheurs peinent à trouver du poisson. En effet, de 2000 tonnes (T) par an en 1998, la production de poisson du lac de Komienga est de 700 t de nos jours. Quant à Bagré, de 1000 t par an, elle a chuté et pivote entre 600 et 800 t, selon les statistiques de la Direction générale des ressources halieutiques. Cette baisse de la production de poisson serait due au non respect des zones de frayères des poissons et de la période de fermeture de la pêche, à l'utilisation de méthodes prohibées pour la pêche et à l'exploitation non réglementée de la ressource.

Souvent, dans l'énorme masse d'eau libre de l'amont des barrages, vont se créer des conditions favorables à un hyper développement d'espèces pélagiques, habituellement peu nombreuses dans le bassin. Cette « explosion » de petits poissons pélagiques s'accompagne fréquemment de l'établissement d'importantes populations de prédateurs comme les *Lates* ou les *Hydrocynus* (Lévêque, 1998, 2003). Ce schéma évolutif assez général peut être perturbé dans certains réservoirs par des mortalités massives de l'ichtyofaune, principalement en début de mise en eau.

Les peuplements de poissons ne sont pas les seuls à se modifier et les invertébrés caractéristiques des eaux stagnantes s'installent rapidement dans les nouveaux biotopes inondés. Ce sont généralement des organismes peu exigeants en oxygène qui peuplent les zones moyennement profondes, alors que les zones de bordure, et notamment la végétation terrestre récemment recouverte par les eaux, supportent des peuplements plus variés

d'insectes, certains contribuant d'ailleurs fortement à accélérer la décomposition des arbres submergés comme l'Ephéméroptère *Povilla adusta* (Petr, 1971, 1974).

La flore est également concernée par la fermeture des retenues, et dans de nombreux cas on assiste à un développement rapide de macrophytes, amenés par les eaux du fleuve. Ces végétaux s'accumulent progressivement au niveau du barrage ou bien se trouvent retenus le long des rivages par la végétation terrestre encore partiellement inondée. Il est généralement rare qu'un défrichage de la future région à mettre en eau ait été effectué avant la fermeture des grands barrages, surtout en raison du prix de revient de l'importante manutention que cela représente. Aussi, la submersion de la végétation terrestre va entraîner immédiatement un processus de décomposition extrêmement consommateur d'oxygène et libérateur de composés azotés (Addo-Ashong, 1969). A cela vont également s'ajouter d'autres apports organiques et inorganiques, en provenance du cours d'eau alimentant la retenue, ainsi que du lessivage des terres progressivement submergées.

Dans la mesure où la profondeur de l'eau va augmenter rapidement, toutes les conditions limnologiques favorables vont être réunies pour que s'établisse une forte stratification thermique du milieu. On observe alors l'apparition d'une couche euphotique de surface à température élevée, très favorable à une grande prolifération du phytoplancton et l'existence d'un hypolimnion désoxygéné, donc impropre à la vie pour la plupart de la faune aquatique. Il suffit donc d'une perturbation (vents violents, orages, ...) pour qu'il y ait mélange de ces deux couches. La désoxygénation du milieu peut très rapidement s'installer et l'on assiste à des mortalités en masse d'organismes vivants particulièrement les macro-crustacés et les poissons.

Les retenues à vocation hydroélectrique, qui ont généralement une grande profondeur au niveau des barrages, sont les plus susceptibles de présenter une thermostratification bien marquée, comme c'est le cas du barrage de Bagré. Dans ce cas, les déversements d'eau vers l'aval se font à la base des ouvrages, et concernent alors des eaux hypolimniques de faible qualité biologique. Elles sont nettement plus froides que celles de surface et contribuent à créer un abaissement des températures moyennes du cours aval pouvant atteindre plusieurs degrés, encore décelable à plusieurs kilomètres de distance. Les eaux hypolimniques sont par ailleurs souvent désoxygénées et peuvent renfermer de l'hydrogène sulfuré. Ces deux facteurs, très défavorables au développement des organismes aquatiques et notamment des poissons, sont parfois sensibles sur de longues distances, comme il a été observé périodiquement en aval du lac Kainji (Adeniji, 1977).

La perturbation du fonctionnement des écosystèmes est une autre conséquence des barrages. En effet, la digue d'un barrage peut entraver la migration des poissons. D'autres perturbations peuvent s'observer telles que :

- la perte de sédiments piégés dans les retenues peut induire à des effets fâcheux à l'aval ;
- la prolifération des plantes aquatiques qui peut entraîner une réduction de la production de plancton et la disparition de certaines espèces animales ;
- la salinisation des eaux qui se traduit par la stérilisation des terres et par des changements dans la faune et dans la flore.
- la dégradation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, suite à la contamination des eaux par les épandages excessifs d'engrais et de pesticides provenant des périmètres irrigués jouxtant les barrages.

I.4.4. Incidence positive sur l'économie du Burkina Faso

Il est certain qu'en matière d'hydraulique, comme dans de nombreux autres domaines, l'intervention humaine modifie l'équilibre naturel préétabli. Le problème est de savoir si cette rupture d'équilibre reste tolérable et jusqu'où elle peut aller sans qu'il en résulte de dommages excessifs qui finalement se répercutent sur la santé et le bien-être de l'homme. Construit au départ pour la satisfaction des besoins domestiques de la population, les barrages sont de nos jours des infrastructures essentielles qui peuvent déclencher un dynamisme dans le développement. Socialement, la mise en valeur des barrages a permis la création de plusieurs emplois mettant ainsi fin au désœuvrement des jeunes pendant la saison sèche. Les observations sur le terrain ont montré que l'utilisation des barrages est diverse (irrigation des périmètres rizicoles et maraîchers en aval, nettoyage des produits maraîchers aux abords des plans d'eau, pêche, abreuvement des animaux, approvisionnement en eau, baignade des enfants). Dans certains cas, elle a une incidence directe sur la sécurité alimentaire des ménages par le biais du maraîchage. La production d'énergie hydro-électrique a contribué à accroître le potentiel énergétique, source de tout développement économique.

I.4.4.1. L'irrigation et aménagements hydroagricoles

Sur le bassin du Nakanbé au sens strict, 47 conceptions d'irrigation (représentant 7100 ha) ont été planifiées mais seulement 3000 ha ont été réalisés dont 1800 ha autour du barrage de Bagré (Barry, 2005). Près de 3000 ha supplémentaires sont en cours d'aménagement au niveau de ce barrage (NEPAD-FAO, 2005). Le potentiel d'irrigation de ce barrage représente 25% de l'ensemble du pays (IWMI, 2004). Les périmètres irrigués de grande taille comme

celui de Bagré sont essentiellement rizicoles, mais on y rencontre aussi d'autres cultures vivrières comme le maïs.

Des périmètres de taille plus petite se développent autour des autres retenues à vocation agricole et permettent surtout le développement des cultures maraîchères, fruitières ou de cultures de rente (pommes de terre, haricot verts, légumes). Dans les grands périmètres irrigués, l'Etat assure la gestion avec les populations locales et implante les familles sur les parcelles. L'investissement des petits périmètres irrigués reste à la portée des agriculteurs. La mobilisation en main d'œuvre permet de limiter l'exode rural, assure une meilleure alimentation des populations et procure des devises aux agriculteurs (Luc, 2006; Kone, 2006).

I.4.4.2. Approvisionnement en eau potable et en électricité des centres urbains

Les barrages hydrauliques urbains de Loumbila et de Ziga respectivement avec des capacités de stockage de 208 et 42 millions de m³ permettent de servir la capitale Ouagadougou (population environ 1,5 millions d'habitants) en eau potable distribuée par l'office national de l'eau (ONEA). Sur le Nakanbé au sens strict, seul le barrage de Bagré est utilisé pour la production hydro-électrique par la société nationale d'électricité. Avec le barrage de la Kompienga, leur production représente 20-30% de l'énergie électrique du pays.

I.4.4.3. Autres activités socio-économiques : pêche et pastoralisme

Le bassin du Nakanbé concentre le cheptel le plus important du pays et ses retenues d'eau permettent de satisfaire la consommation en eau des animaux. Le potentiel halieutique du bassin du Nakanbé était estimé à 2 000 tonnes par an (FAO, 1995). La pêche, la transformation et la commercialisation représentent les activités essentielles de la filière poisson. Le secteur de la pêche procure des emplois directs et des revenus aux pêcheurs, commerçants et transformateurs de poisson. En outre, une partie de ces produits halieutiques est destinée à la consommation (Kaboré et al., 2005).

Daget et Durand (1981), dénombrèrent une quarantaine d'espèces de poissons dans le lac Volta, dont les plus connus sont : les *Tilapias*, *Oreochromis*, *Clarias*, *Labeo*, *Heterobranchius* ou *Schilbe intermedius*. Paugy et al. (1994), eux signalaient, la présence d'environ 146 espèces de poissons dans le bassin de la Volta. Les espèces identifiées par Baijot et al., 1994 comme dominantes dans la faune ichtyologique du Burkina Faso sont *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Brycinus nurse* (Rüppell, 1832), *Tilapia zillii* (Gervais, 1848), *Auchenoglanis occidentalis* (Valenciennes, 1840), *Clarias anguillaris* (Linnaeus, 1758), et *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832).

Une étude menée par le Ministère de l'Environnement et de l'Eau en 1998, révèle que la faune ichthyologique du Burkina se compose, environ, de 120 espèces de poissons se répartissant dans 57 genres et 24 familles dont les plus couramment rencontrées sur les marchés appartiennent essentiellement aux genres *Tilapia*, *Heterotis*, *Clarias* et *Mormyrus* (MEE, 1998). Un autre inventaire mené sur le réservoir de Bagré, a révélé l'existence de 37 espèces de poissons, avec seulement 10 espèces exploitées sur le plan commercial (Zerbo, 1998). Ce sont : *Lates niloticus*, *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon galileus*, *Tilapia zillii*, *Auchenoglanis occidentalis*, *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus bidorsalis*, *Gymnarchus niloticus*, *Bagrus bajad* et, *Hemisyndontis membranaceus*.

Selon Oueda (2009), les espèces les plus abondantes et les plus régulièrement présentes dans le lac de barrage de Loumbila sont : *Auchenoglanis occidentalis*, *Brycinus nurse*, *Clarias anguillaris*, *Oreochromis niloticus*, *Schilbe intermedius* et *Tilapia zillii*. Ainsi, pour l'ensemble des plans d'eau de Loumbila et de Bagré, Oueda (2009) dénombre 51 espèces dont 22 sont communes aux 2 lacs. Vingt deux sont spécifiques au lac de barrage de Bagré tandis que 7 espèces sont spécifiques du lac de barrage de Loumbila.

I.4.5. Incidence négative sur la population

Très souvent les problèmes humains associés à la création des grands ouvrages d'hydraulique sont plus difficiles à résoudre que les problèmes techniques. Leur complexité est telle qu'ils sont fréquemment escamotés par les auteurs de projets. L'abandon d'habitations, d'établissements sanitaires et éducatifs, de terres fertiles, de sites culturels et religieux ne se fait pas sans déchirement, (Adams, 2000 ; Niasse, 2002). Lorsqu'il y a recasement, une compétition ardue peut s'engager entre les anciens et les nouveaux occupants pour la possession des terres, l'approvisionnement en eau, l'accès à la pêche, etc. On assiste fréquemment à des implantations incontrôlées le long des ouvrages hydrauliques, suivies de déboisements et de surexploitation du sol, ce qui accroît l'érosion et l'ensablement des plans et des cours d'eau.

Les aménagements hydrauliques peuvent, en l'absence de mesures préventives et d'actions efficaces, être à l'origine d'une extension rapide des fléaux tels que le paludisme, la bilharziose, l'onchocercose ou autres. Souvent, l'eau ne concourt pas directement à la propagation de la maladie, mais elle est le siège privilégié des vecteurs. Il faut signaler également, comme un aspect sanitaire indirect, que la création d'une importante masse d'eau stagnante constitue un milieu récepteur à faible taux de renouvellement, où peuvent

s'accumuler des produits toxiques divers issus de rejets urbains ou industriels, qui risquent de se retrouver ultérieurement dans les eaux de boisson ou dans la chaîne alimentaire.

Avant la création du lac de Bagré, la mare sacrée de Lenga, était un pôle d'attraction touristique pour l'observation de l'hippopotame. L'érection du barrage a créé des conditions écologiques inadaptées à cet animal et déstabilisé son statut socio-culturel. L'animal rentre maintenant en compétition avec l'homme pour survivre. Toute la région bénéficiait de l'apport de devises généré par ce tourisme de vision. La mise en eau du barrage de Bagré a amputé ce revenu monétaire qui avait pourtant une place importante dans l'économie des familles minimisant ainsi le chômage pendant les activités de contre saison (Zampaligré, 1995).

I.5. Présentation des sites d'études

Les travaux de terrain ont consisté en un suivi floristique mensuel, un suivi de l'inondation le long du Massili en période d'hivernage et des enquêtes socioéconomiques dans les régions du Centre et du Plateau central. Le suivi floristique s'est fait, sur les sites de Dapélogo, Gampéla, Ziga (en amont du barrage), Kougri et Zékézé. Le suivi de l'inondation a concerné Kouï, Dapélogo, Yalengue, Gampéla et Zanga. Les enquêtes socioéconomiques ont été réalisées dans les localités de Kouï, Dapélogo, Tanghin, Loumbila, Gampéla et Kougri. La proximité d'avec le cours d'eau a été le principal critère pour le choix des sites d'études. Pour le suivi de la végétation, il était nécessaire d'avoir des berges où pousse une végétation naturelle, non exploitées pour le maraîchage, la riziculture ou l'extraction de sable ou de briques. En ce qui concerne le suivi de l'inondation, la topographie des berges permettant d'avoir un épandage de la crue fluviale était indispensable. L'existence d'une végétation naturelle sur ces berges était également un plus. Quant aux enquêtes socioéconomiques, la distance de la localité par rapport au cours d'eau, distance que la population est prête à parcourir pour utiliser les ressources du cours d'eau, a guidé le choix des localités. L'idéal aurait été d'effectuer le suivi de la végétation, de l'inondation et des enquêtes socio-économique sur les mêmes sites, mais la réalité du terrain ne nous a pas permis de le faire ainsi, les sites ne regroupant pas tous les critères. La figure 13 illustre les sites des travaux de terrain matérialisés sur le bassin du Nakanbé.

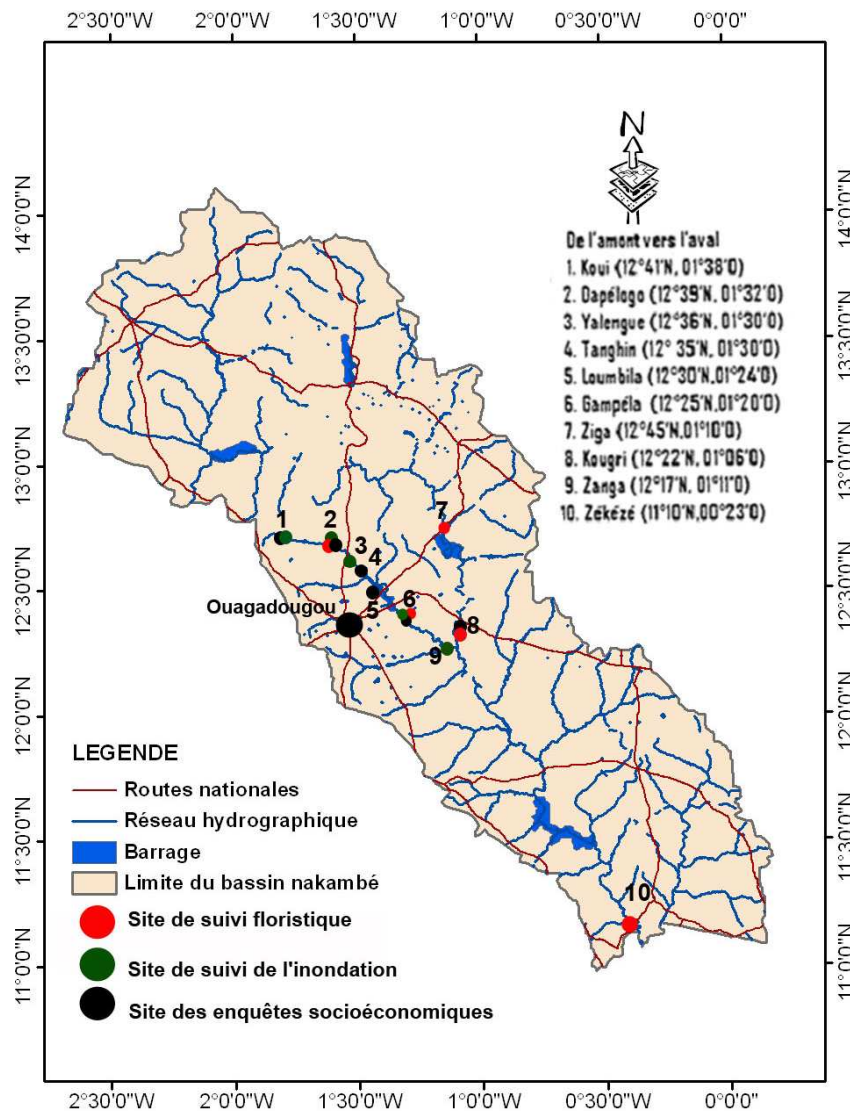


Figure 13 : Les sites d'études représentés sur le bassin du Nakanbé

CONCLUSION

Le Bassin du Nakanbé *s.s.* couvre 18 provinces et est densément peuplé (40 % de la population du pays soit 120 habitant/km²) présentant ainsi un déséquilibre entre la capacité de charge de ses écosystèmes et leur intensité d'utilisation. Ce Bassin se distingue des autres grands bassins versants du pays par la pression sans cesse croissante exercée par l'Homme sur les ressources en eau et les terres avec pour conséquence une dégradation des ressources naturelles. Il en résulte une dégradation du couvert végétal et l'apparition des zones dénudées et encroûtées. En effet, les berges de la plupart des cours d'eau du Burkina Faso sont occupées par les cultures : riz pluvial en saison humide, maraîchage en saison sèche; ce qui conduit progressivement à l'ensablement et à un tarissement très précoce des cours et plans d'eau. Quelle est l'importance socio-économique des ressources du bassin du Nakanbé pour la population riveraine ? C'est l'objet du chapitre 2, suivant.

CHAPITRE II. IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DES RESSOURCES NATURELLES DU BASSIN DE NAKANBE

INTRODUCTION

On dénomme ressources naturelles les ressources minérales et biologiques nécessaires à la vie de l'homme et à ses activités économiques. Il y a les ressources non renouvelables et celles renouvelables. Ces dernières regroupent l'eau, les sols (terres cultivables) ainsi que les ressources biologiques qui sont constituées par les communautés vivantes exploitées par l'homme (forêts, pâturages, pêcheries, espèces animales et végétales) et par les ressources génétiques. Les ressources du bassin du Nakanbé, dont il est question ici, comprennent les ressources forestières, végétales, faunistiques, halieutiques ainsi que les ressources en eau. L'importance socio-économique de ces ressources se mesure par l'usage et les bénéfices que la population riveraine du Nakanbé tire de ces ressources.

La population enquêtée se répartit entre deux régions, celle du Centre qui renferme 11,1% de la population burkinabé et celle du Plateau Central qui en compte 5% sur une population totale de 13 730 258 habitants en 2006 (RGPH, 2006). La densité moyenne de la population burkinabé est de 50,8 hab/km². Cette moyenne nationale cache d'importantes variations régionales : 62 hab/km² dans la province de Ganzourgou, 71 hab/km² dans l'Oubritenga contre 74 hab/km² dans le Kourweogo et 336 hab/km² dans le Kadiogo¹.

La région du Centre compte une seule province, le Kadiogo, tandis que la région du Plateau Central en compte trois, le Kourwéogo, le Ganzourgou et l'Oubritenga. Ces régions forment le cœur du bassin du Nakanbé (Figure 14). Elles concentrent une importante population, relativement pauvre qui dépend des ressources naturelles du bassin du Nakanbé pour leur survie quotidien. Ces régions constituent ainsi un cadre approprié pour l'évaluation de l'importance socio-économique des ressources du bassin du Nakanbé (eau, végétation, poissons et terre). Les cours d'eau de ces régions appartiennent à deux grands bassins hydrographiques : le bassin du Nakanbé et celui du Nazinon.

¹ Cette région du Centre abrite la capitale du pays, Ouagadougou.

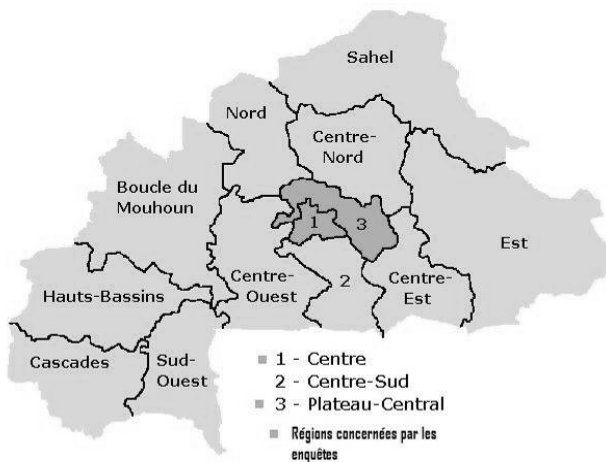


Figure 14 : Carte des régions du Burkina Faso- en gris foncé, celles enquêtées

Nous nous attacherons donc à identifier l'influence de la présence de cours d'eau, et donc d'une crue fluviale, sur l'existence des ressources du Nakanbé, la dépendance de la population riveraine vis-à-vis des ressources des cours d'eau ainsi que l'impact de la présence de ces cours d'eau sur le développement des localités en terme d'accès à la sécurité alimentaire et aux services de base. En effet, selon Yonkeu et *al.*, 2003, les conditions socio-économiques des populations peuvent être perçues au travers d'un certain nombre de facteurs de bien-être qui sont entre autres une alimentation suffisante, de l'eau potable, un abri sûr, de bonnes conditions sociales et un milieu environnemental et social favorable.

II.1. METHODOLOGIE

Il s'agit de faire ressortir la relation entre le cours d'eau et la population riveraine. Pour ce volet, nous avons utilisé les méthodes qualitatives telles que les groupes focaux (Dawson et *al.*, 1995) et les entretiens individuels. Ces derniers ont été réalisés pour minimiser les biais dans les informations collectées en "groupes focaux". En employant cette méthode les principes de base des enquêtes participatives telles que la participation, le travail d'équipe, la flexibilité, l'ignorance optimale et la triangulation ont été observés. Nous avons aussi utilisé l'échelle de bien-être de Calkins et *al.*, 1996 pour caractériser le niveau de vie des populations enquêtées (Figure 15). Ces auteurs ont défini une échelle de bien-être basée sur les possessions des populations en termes de matériel tel que charrue, mobylette, vélo, etc. Ainsi, les ménages dont aucun des membres ne possède un vélo sont caractérisés de démunis, ceux dont au moins un des membres possède un ou plusieurs vélos mais dont aucun n'a atteint un niveau d'éducation primaire, sont dits pauvres, les ménages dont au moins un des membres a

atteint un niveau d'éducation primaire, mais qui n'a pas de charrue sont vulnérables et enfin les ménages dont au moins un des membres possède une charrue, sont confortables.



Figure 15 : Échelle de bien-être nationale, source Calkins et *al.*, 1996

II.1.1. Choix des sites

L'étude couvre les régions du Centre (Gampéla, dans la province du Kadiogo) et du Plateau Central : Kouï dans le Kourweogo, Dapélogo, Tanghin-Yandghin et Loumbila, dans la province d'Oubritenga et Kougri dans le Ganzourgou. La dégradation des ressources naturelles due à la pression anthropique, est une réalité dans ces deux régions. Les enquêtes ont concerné les localités de Kouï, Dapélogo, Tanghin-Yandghin, toutes trois situées en amont du barrage de Loumbila, les localités de Loumbila, Gampéla (situées plus en aval dans le bassin du Massili) et Kougri (situé en aval du barrage de Ziga). Les six sites ont été choisis pour des raisons purement techniques. En effet, ces localités sont traversées soit par le Massili soit par le Nakanbé et la population y mène diverses activités liées à la présence de ces cours d'eau.

Kouï, situé à 25 km de Boussé, comptait 2021 habitants au recensement de 2006. La zone est très pauvre en eaux de surface et la situation des eaux souterraines n'est pas bien connue. Les sites favorables à la construction de barrages et de retenues d'eau sont très rares d'où le recours aux forages, aux puits modernes et traditionnels et même aux mares avec toutes les conséquences que cela comporte sur le plan sanitaire (Source monographie nationale, 2006).

Dapélogo est un centre semi urbain qui dispose d'un certain nombre d'infrastructures scolaires, sanitaires et hydrauliques (des puits et des forages essentiellement). Au recensement

de 2006, Dapélogo comptait, 35 698 habitants. Dans l'ensemble, la couverture en eau est acceptable et répond aux normes nationales de un forage pour 300 habitants. Seul Dapélogo « village » ne répond pas à ces normes. 82% de la population du département a accès aux formations sanitaires selon les normes. Néanmoins 18% de la population est située à plus de 10 km d'une formation sanitaire. *Tanghin-Yandghin*, village relevant de Dapélogo a une population de 544 habitants. Le village dispose également d'un Centre de Soins Primaire et Secondaire (CSPS), ouvert en juin 2006. La population de *Loumbila* est de 27 771 habitants. Loumbila est bien pourvu en infrastructure scolaire et sanitaire. La commune de Loumbila est jumelée à celle de Mitry-Maurie en France. Loumbila est un centre semi urbain qui compte plus d'une trentaine de groupements ou associations. Le barrage de Loumbila n'a jamais tari, mais sa vocation est mal définie du fait de l'absence de texte clair définissant la priorité du barrage. Il existe cependant, un comité de gestion des barrages (CLE créé en 2005). La commune de Loumbila est alimentée en eau potable à partir de forages et puits et n'a pas encore de branchement ONEA.

Gampéla, avec une population de 2050 habitants, relève du département de Saaba d'où il est distant de 15 km. Gampéla est un centre semi urbain et possède huit forages, 2 puits à grands diamètres, un boulis. *Kougri* est situé à 20 km du chef lieu de la province du Ganzourgou, Zorgho et compte 4128 habitants.

II.1.2. Choix de la population enquêtée et données à collecter

Les entretiens individuels ont été effectués auprès de 198 ménages en raison d'un cota fixe et non représentatif de 33 ménages par site d'étude. Le choix des ménages a été fait de manière aléatoire. La population d'étude est composée de l'ensemble des populations vivant le long du Massili et du Nakanbé et qui utilisent les ressources de ces cours d'eau comme moyen de subsistances. Les critères d'accessibilité géographique aux berges et aux ressources du cours d'eau (la distance parcourue par les populations) et l'existence de ressources alternatives ont guidé les enquêtes. Les travaux en groupes focaux ont été conforme aux normes d'un focus en matière de la constitution des groupes (même profession), du nombre de personnes par groupe (4 à 8, rarement supérieure à 14), de la durée de l'entretien (1h30 à 2h) et en terme de participation au débat.

L'enquête visait d'abord, à étudier l'impact de la présence du cours d'eau sur les populations riveraines en identifiant les ressources du cours d'eau (eau, végétation, poissons, terre, etc.) utilisées par ces populations. Ensuite, elle cherchait à déterminer et à catégoriser l'utilité des hygrophytes du bassin en termes d'usages médicaux, alimentaires, fourragers ou

autres pour les populations riveraines et enfin, à cerner les logiques qui sous-tendent ces différents usages. Au cours de l'enquête de terrain, les causes de la migration des populations concernées ont été recueillies afin d'analyser la dynamique des populations par rapport à l'existence des cours d'eau. L'enquête s'est déroulée en un passage unique. Auparavant une pré-enquête avait permis d'apporter des améliorations aux outils d'enquête.

II.1.3. Outils de collecte et d'analyse des données

Les données primaires² ont été recueillies par une enquête de terrain à l'aide d'outils élaborés à cet effet. Ces données ont concerné les dynamiques sociales (profil historique, cartes des ressources³ du village, flux migratoire), les activités et revenus des populations par groupe socioprofessionnel, les maladies et mode de soin de la population, les habitudes alimentaires, les ressources en eau de la localité et leurs modes de gestion, les potentialités agro-sylvo-pastorales de la localité. La représentation cartographique des localités réalisées de façon participative, sont des outils qui favorisent le dialogue entre populations locales, gestionnaires de l'État et chercheurs. Un tel exercice de cartographie 'participative' permet également de mieux comprendre les modes de gestion du territoire et est un complément indispensable des entretiens sociologiques (Duvail et *al.*, 2008). Un guide d'entretien a été élaboré pour chaque groupe socioprofessionnel ainsi qu'un questionnaire pour les enquêtes ménages (Annexe 1).

Au niveau des enquêtes ménages, l'accent a été mis sur les activités pratiquées par les populations en relation avec le cours d'eau, les sources d'énergie du ménage, les biens possédés par le ménage, leurs revenus ainsi que les principaux motifs de dépense. Les travaux en groupes focaux ont concerné les maraîchers, les éleveurs, les pêcheurs, les tradipraticiens, ainsi que les personnes ressources (maires, chef coutumiers, techniciens des administrations locales). Les guides d'entretien et des questionnaires ont été administrés en entretien individuel pour les ménages et pour les personnes ressources et, en groupe focal pour les groupes socioprofessionnels. L'enquête de terrain a été effectuée par une équipe pluridisciplinaire qui a travaillé pendant 4 jours dans chaque localité.

² En sociologie, les données primaires concernent les données recueillies sur le terrain par des enquêtes directes. Les données secondaires sont issues des monographiques et documents ou/et collectées auprès des services étatiques.

³ Les cartes de ressources que nous avons appelé ici « Schémas des ressources » ont été réalisées sur le terrain par la population en utilisant une méthode participative. En sociologie, et particulièrement dans les méthodes participatives, il est recommandé de garder ces cartes telles quelles. Les cartes des ressources indiquent la majorité des ressources naturelles d'un terroir notamment les ressources foncières et hydriques, les formes d'utilisation des terres.

Les données secondaires sur les caractéristiques des localités (population, nombre de villages, potentialités et contraintes) ainsi que les infrastructures existantes, ont été collectées auprès des services étatiques, et l'examen des monographies des différentes régions et provinces. Les données disponibles dans le cadre d'autres projets dans le bassin ont aussi été utilisées.

Les prises de note et des enregistrements audio ainsi que des mises en commun journalier ont été réalisés sur le terrain. Les informations collectées ont été codifiées puis saisies à l'aide du tableur Excel et du logiciel Epidata. Le logiciel SPSS 10.0 a été utilisé pour le traitement et l'analyse des données recueillies.

II.2. RESULTATS

II.2.1. Résultats des entretiens en groupes focaux dans les différentes localités

- **Koui**

Si les 33 enquêtes individuelles ont été réalisées aucun groupe focal n'a été mené dans ce village. En effet, le contexte socio-politique du village est marqué par un traditionalisme très présent et un conflit social de nature gérontocratique. Ce conflit se manifeste de manière spécifique entre le chef du village et son fils (le conseiller municipal du village). La crise de leadership entre ces deux acteurs sociaux s'est traduite d'une part, par un refus de collaboration suivi d'un boycott de l'équipe par le conseiller et par une tentative d'influence exercée par le chef et ses notables sur les membres de l'équipe d'enquête, d'autre part.

Toutes les personnes enquêtées se plaignent de manque d'eau dans le village. Il y a une fixation, voire une psychose sur la construction d'un barrage au compte du village. Tous les forages sont concentrés autour du quartier du chef. L'enquête illustre comment l'eau peut cristalliser les relations dans un village. C'est un village qui a servi comme réserve de main-d'œuvre pour la construction du chemin de fer Abidjan-Niger. La population se sent donc exploitée pour le développement du pays et sans récompense ou retombée socio-économique pour le village.

- **Dapélogo**

A Dapélogo, beaucoup de villages sont en partenariat avec des communes en France, ce qui apporte un plus dans l'amélioration de la vie des populations. La population est également organisée en groupements ou associations selon leurs activités socio professionnelles : élevage, maraîchage, agriculture et pêche. L'eau est rare dans la commune, aussi les jeunes migrent beaucoup vers les localités où il existe des retenues d'eau (Donsé, Yako) à la

recherche de terres pour le maraîchage et vers Ouagadougou pour le commerce. Le problème foncier est latent (parfois ouvert) à Dapélogo.

- **Tanghin-Yandghin**

Le barrage de Loumbila permet d'avoir de l'eau à Tanghin-Yandghin par reflux. Certains exploitants quittent Ouagadougou pour aller pêcher à Tanghin-Yandghin. Dans ce village, la population a une forêt villageoise. Tous les bords du cours d'eau sont reboisés par des arbres (*Eucalyptus camaldulensis*). Les arbres arrivés à maturité sont abattus et vendus comme bois de chauffage. Ce village connaît des problèmes avec le retour des migrants de la Côte d'Ivoire à cause principalement du manque d'espace culturel.

- **Loumbila**

Le barrage de Loumbila est particulièrement connu pour sa production piscicole. Cependant, les pêcheurs organisés en coopérative craignent un déclin de leur activité dans la zone. Selon eux, la ressource piscicole était abondante dans le passé et la pêche était satisfaisante. La pêche continue actuellement, mais le potentiel a diminué. Selon les participants au focus pêcheurs, il y a une disparition des espèces liée à la surexploitation du barrage (un nombre important de pêcheurs exploitent la même portion du cours d'eau), à la non réglementation de la pêche et à la pollution du cours d'eau par les eaux usées de la zone industrielle de Kossodo qui se déversent en aval. La pollution tue les poissons surtout à l'aval du cours d'eau lors de leur migration en flux inverse pour la reproduction. Ainsi, si certaines espèces de poisson sont en voie de disparition, d'autres sont maintenant complètement introuvables. La construction du projet « Ouaga 2000 » a également été mise en cause dans la disparition des espèces de poisson au niveau de Loumbila. En effet, selon les pêcheurs, lors de la mise en œuvre des grands travaux du projet (entre 1999 et 2000), de nombreuses citernes sont quotidiennement venues pomper l'eau du barrage pendant une longue période et la retenue à l'époque avait presque tari.

Les principaux conflits sont surtout liés au foncier, aux dégâts de cultures. Des conflits, occasionnés par le non respect du tour d'eau au niveau du périmètre aménagé, existent entre maraîchers au niveau des fermes agricoles. Des conflits existent également entre éleveurs et maraîchers. La principale cause est l'insuffisance de terre de culture et l'absence de piste pastorale pour accéder à l'eau. Ces conflits qui s'accompagnent souvent de coups et blessures sur autrui se règlent généralement à la préfecture.

- **Gampéla**

La population de Gampéla entretient des relations de commerce et d'alliance avec les villages voisins. Elle est également organisée en groupement ou association socio professionnelle. Le projet Association des Unions pour le Développement Communautaire (ASSUDEC) qui intervient dans l'élevage des volailles, a plusieurs fois été cité par les enquêtés comme structure d'appui à la population. Cette population est à majorité autochtone (60 à 70 %) mais chaque année, il y a des nouveaux venus. Les jeunes migraient vers la Côte d'Ivoire ou le Ghana depuis les années 1956, puis vers Ouagadougou pour améliorer leurs conditions de vie en faisant du commerce ou en cherchant des emplois comme agent de soutien.

On note l'existence de conflits : conflits fonciers, conflits entre agriculteurs et éleveurs, conflits liés à des vols de bétail, etc. Les principales causes sont la densité de la population, l'inexistence d'aire de pâturage en dehors de la forêt classée de Gonsé. C'est le Comité Villageois de Gestion des terroirs (CVGT) qui est chargé de la résolution des conflits. Il y a aussi un conflit latent entre la population et les sociétés industrielles. La ressource en eau au niveau de Gampéla est polluée par les eaux usées industrielles provenant de Kossodo. La pollution affecte le cours d'eau jusqu'à Tensobtenga situé à plus de 40 km du point de rejet. Les puits sont pollués et hors d'usage, l'eau est mal odorante. Pour résoudre ce conflit, il faudrait que tous les acteurs se concertent et trouvent les solutions.

La plupart des activités liées au cours d'eau sont ralenties, quant elles ne sont pas simplement arrêtées, du fait de la pollution du cours d'eau qui persiste depuis 1980. La pêche n'est plus effectuée sur la portion du cours d'eau qui traverse le village. Quant à l'élevage, les enquêtés signalent des avortements d'animaux en gestation après la consommation de l'eau de la rivière. Les eaux usées sont déversées dans le cours d'eau, une fois par semaine. La nappe souterraine baisse de plus en plus et il faut aller chercher l'eau à plus de 60 m contre 35 m avant. A Gampéla, l'eau des forages est tarifiée : il y a une contribution par famille, le chef de famille paie 1000 FCFA par ménage par an, le célibataire ainsi que la femme paie 500 FCFA.

- **Kougri**

A Kougri, presque toute la population est autochtone à l'exception du village de Paté. Par contre, à Zam, tous viennent d'ailleurs. Il existe plusieurs groupements ou associations socio professionnelles. La situation de Paté est complexe. Officiellement, c'est un quartier du village de Kougri. Mais pratiquement, il se donne comme un village à part entière. Selon le conseiller communal, sa population est nettement supérieure à celle de Kougri centre. Distant

d'environ 8 km du centre de Kougri, il dispose de son propre marché. Selon les personnes ressources, l'autorité de gestion de la forêt classée avait permis à ses ouvriers de s'y installer. A cette population se sont ensuite greffés des migrants en provenance de villages voisins. En outre, le chef de Kougri avait demandé et obtenu l'autorisation d'installer provisoirement quelques habitants dans la forêt, faute d'espace à Kougri centre. En résumé, ce quartier-village de Paté est une occupation irrégulière de la forêt classée de la part des populations du village de Kougri et environnant. Il n'y existe aucune infrastructure sanitaire ou scolaire.

Il y a beaucoup de migrations à Kougri car il n'y a rien de particulier qui retient les jeunes. Beaucoup d'entre eux migrent vers le barrage de Mogtédou pour pratiquer le maraîchage. Il existe un CLE pour la gestion du barrage de Mogtédou. La population de Kougri est organisée. Elle utilise en général, le forage de l'école qui est tarifée à raison de 1200 FCFA/an/femme en tenant compte des ménages polygames.

La pêche dans le village de Kougri « n'est plus rentable » selon les pêcheurs du village car « il n'y a plus assez de poisson ». Quelques pêcheurs continuent de pratiquer la pêche occasionnelle à la nasse, à la ligne et quelque fois au filet. Tous les autres (les jeunes) vont ailleurs (Loubila, Ziga, et même plus loin). Selon les participants au groupe focal, le problème est apparu depuis la construction du barrage de Ziga. Ils pensent que cette infrastructure est un obstacle à la migration des poissons. De ce fait, la portion du cours d'eau qui traverse le village est pauvre en poisson. Par ailleurs, l'équipe d'enquête a elle-même pu constater que le poisson de mer était plus présent sur les étalages au bord de la route.

- **Répartition des ressources au niveau des localités enquêtées**

La réalisation des cartes de ressources a permis d'identifier et d'inventorier les différentes sortes de ressources des localités concernées et de mettre en évidence une organisation de terroir basée sur la micro-topographie et le cycle des inondations des cours d'eau traversant ces localités : les plaines aménagées et les zones de reboisement se trouvent à proximité du cours d'eau et sont inondées par des eaux lors des crues fluviales ou les reflux des barrages. Ainsi, dans les différentes localités, l'espace est organisé linéairement autour des principaux cours d'eau et lacs de retenue reflétant l'importance accordée au réseau hydrographique et aux inondations dans un système d'agriculture de décrue (fig. 16, 17, 18, 19, 20). Les activités de la population (maraîchage et pêche) sont majoritairement liées au cours d'eau. Les lieux sacrés sont également représentés dans chaque localité et illustre une relation culturelle que la population entretient avec les ressources naturelles.

Cet exercice de cartographie offre une première image de l'espace tel que perçu par les habitants et constitue une première description de l'occupation de l'espace villageois qui doit être complétée par une lecture plus anthropologique. De plus, l'utilisation des cartes de ressources peut être un outil de gestion des écosystèmes partagés entre plusieurs villages.



Figure 16 : Schéma de la répartition des ressources du village de Dapelogo

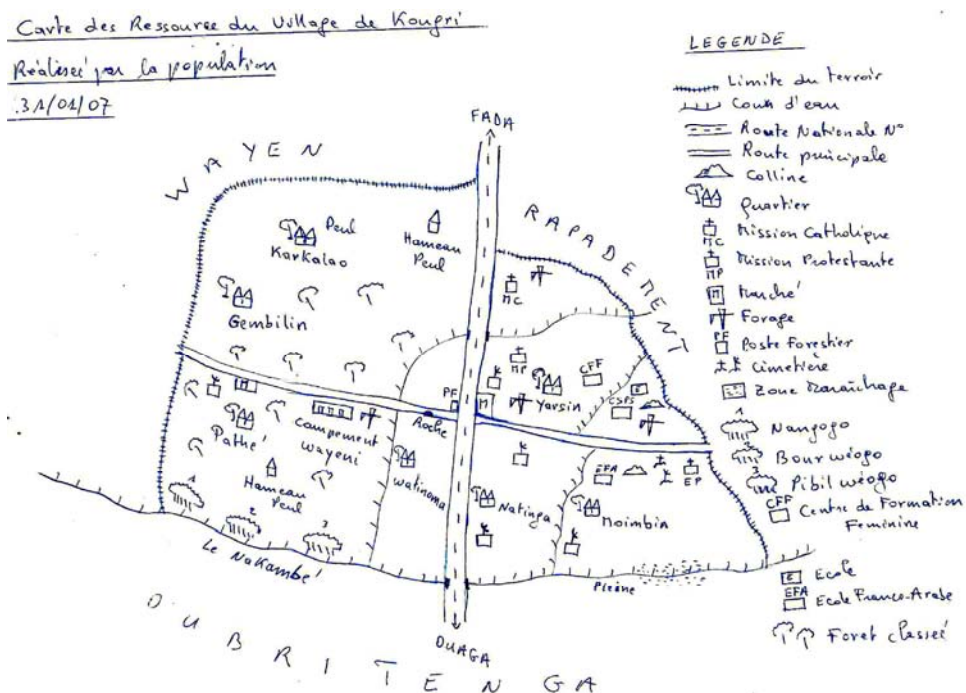


Figure 17 : Schéma de la répartition des ressources du village de Kougri

CARTE DES RESSOURCES DE TANGHIN-YANDGHIN

Réalisée par personnes Venonnes (= 4 pers)

21/04/07

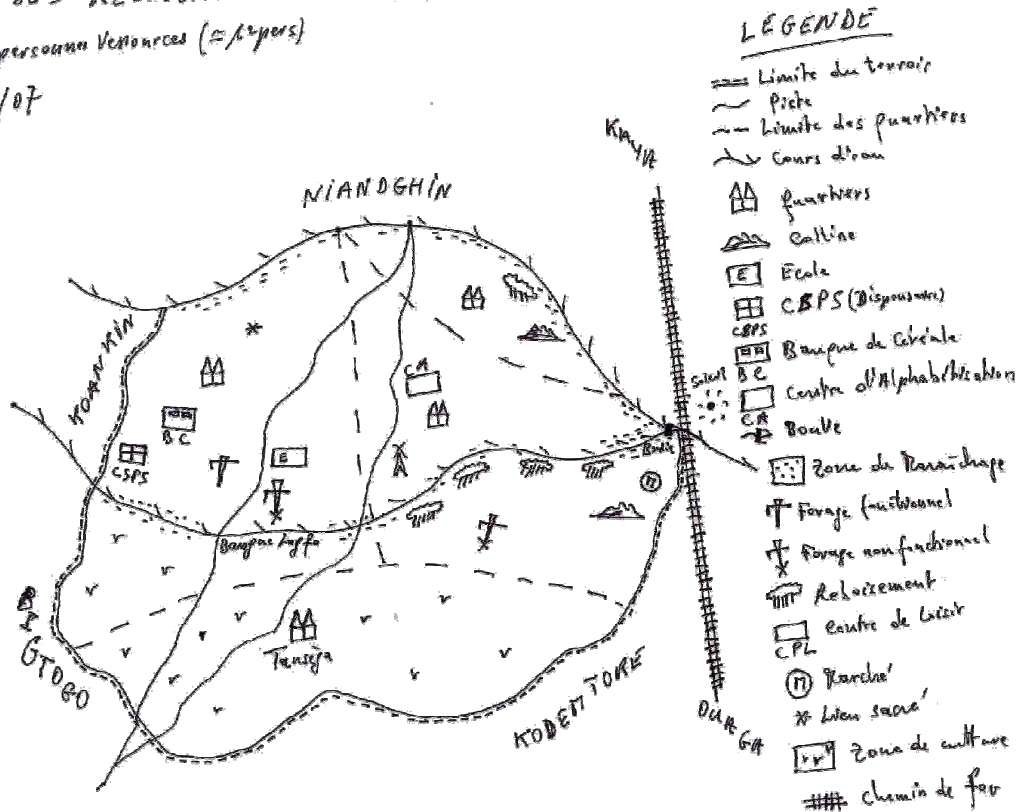


Figure 18 : Schéma de la répartition des ressources du village de Tanghin-Yandghin

CARTE DES RESSOURCES DU VILLAGE DE BANGRIN/LOURBILA

Réalisée par personnes Ressources (SH/3P) 18/01/07

LEGENDE

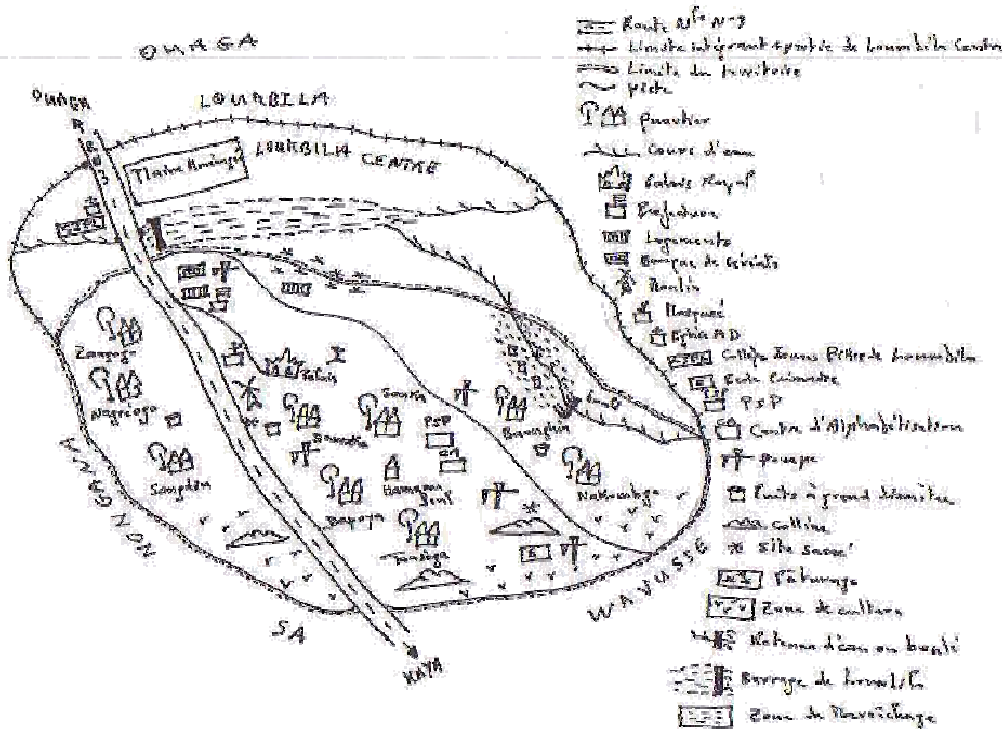


Figure 19 : Schéma de la répartition des ressources du village de Bangrin à Lourbila

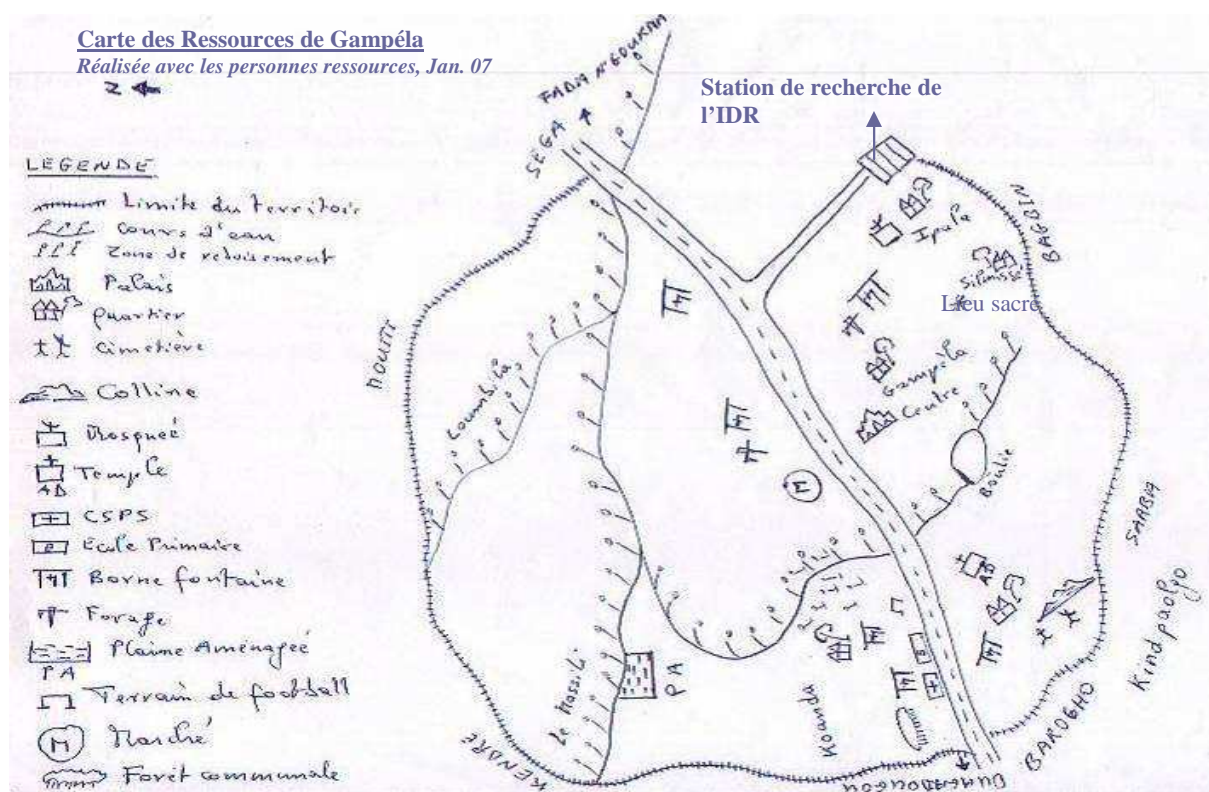


Figure 20 : Schéma de la répartition des ressources du village de Gampéla

II.2.2. Résultats des enquêtes individuelles dans la zone d'étude

Ces résultats concernent les six localités où les enquêtes ont été menées. La population enquêtée est relativement jeune, 70% ayant moins de 30 ans. C'est une population autochtone (70%) contre 30% d'immigrée. La majorité de la population est mariée (91%) et chaque foyer a au moins, un enfant. Une proportion relativement acceptable (48%) de la population enquêtée est instruite. En effet, le niveau de la population enquêtée va de l'alphabétisé (47%), primaire (44%) au secondaire (9%).

II.2.2.1. Relation des populations avec les cours et plans d'eau

Les populations entretiennent des relations culturelles et pratiques avec les cours d'eau. En effet, traditionnellement, des offrandes et des sacrifices sont réalisés dans les cours d'eau ou au bord des plans d'eau. Ces cérémonies visent tout simplement à maintenir le contact entre le monde invisible incarné par l'esprit des eaux et le monde matériel des hommes à la recherche de faveurs ou de réparations de fautes (noyade, malheurs collectifs, etc.). La perception par rapport à l'appartenance du cours d'eau diverge cependant, d'un enquêté à l'autre. Pour certains, le cours d'eau appartient à l'Etat (45%), pour d'autres (23%) à la population autochtone. Sur le plan pratique, le cours d'eau ainsi que les retenues d'eau existantes sont d'une utilité certaine pour les activités des populations. Aussi, 84% de la

population enquêtée utilise soit l'eau du cours d'eau, soit l'eau des barrages existants dans la zone pour des activités diverses : maraîchage (62%), élevage (25%), pêche (5%), (Figure 21).

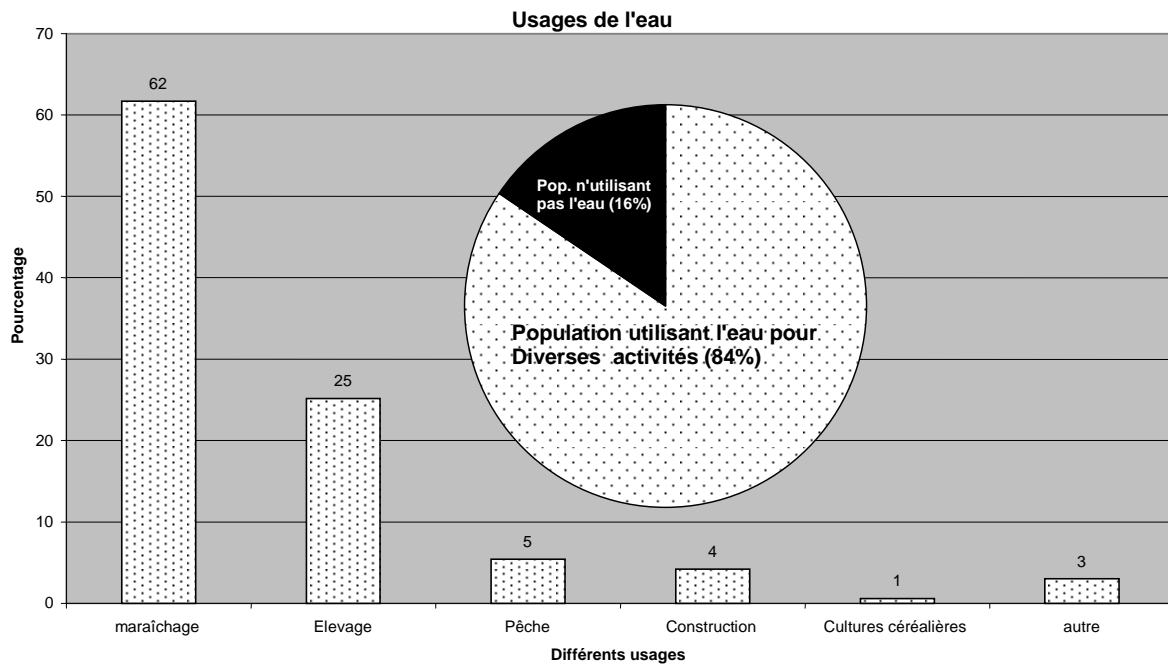


Figure 21 : Utilisation de l'eau des cours et plans d'eau pour diverses activités par la population enquêtée.

II.2.2.2. Contribution des cours d'eau à la sécurité alimentaire de la population.

- **Activités des populations en relation avec les cours d'eau**

Les activités recensées au bord du plan d'eau sont multiples et diverses (figure 22). Les plus fréquentes sont la riziculture et le maraîchage, l'élevage, la pêche, la confection de briques, l'extraction du sable et gravier (Figure 23). Le *marâchage* est de loin l'activité dominante (environ 62% selon les entretiens réalisés). Il est surtout pratiqué dans les localités ayant une retenue d'eau (Dapélogo, Tanghin-yandghin, Loumbila). Par contre, le marâchage est inexistant à Kouï situé à l'amont et n'ayant à son actif ni cours d'eau pérenne ni barrage.

La commercialisation des produits issus des activités liées à la présence du cours d'eau est le premier objectif des populations riveraines. La culture dure 4 mois et ce n'est qu'au 4ème mois que la vente des produits maraîchers commence. Le revenu mensuel de cette vente varie de 50 000 à 200 000 FCFA. Outre la vente, les produits maraîchers contribuent pour une bonne part à l'alimentation de l'unité familiale. La grande majorité des habitants pratique le marâchage et cela leur permet, en plus des gains tirés de la vente, de disposer de menus plus variés et plus riches. Les populations trouvent la pratique du marâchage plus rentable que l'émigration en Côte d'Ivoire. Depuis la crise ivoirienne, la migration se fait en flux inverse avec le retour de nombreux jeunes migrants dans leurs localités d'origines.

L'**élevage** occupe également une place importante dans les activités des populations enquêtées. C'est un élevage de type extensif qui permet à la population de résoudre certains problèmes ponctuels : « *nous ne vendons nos animaux que quand nous sommes en difficulté financière* » (Bagaya Adama, éleveur, entretien du 30/01/07). La vente n'est pas organisée et le prix est fonction de la taille de l'animal.

La **pêche** est également pratiquée dans ces localités. Les espèces de poissons les plus courantes sont la carpe (*Oreochromis sp.*, *Tilapia sp.*), les silures (*Clarias sp.*), les sardines et le capitaine (*Lates niloticus*). Les matériels utilisés sont la nasse, le filet et la ligne. Les pêcheurs se plaignent de manque de moyens financiers, de matériels, de la disparition des espèces, etc. Les pêcheurs accusent les eaux usées de Kossodo de polluer l'eau du cours d'eau et de décimer les poissons. Ils trouvent également que le nombre de barrages sur le cours d'eau est élevé, ce qui contribue à l'assécher en période de faible pluviométrie. Les pêcheurs réclament aussi plus de considération de la part de la population car, disent-ils : « *c'est nous qui sauvons les gens de la noyade et qui sortons les corps des noyés* » (Focus pêcheurs au village de Bangré-Loumbila, entretien du 31/01/07).

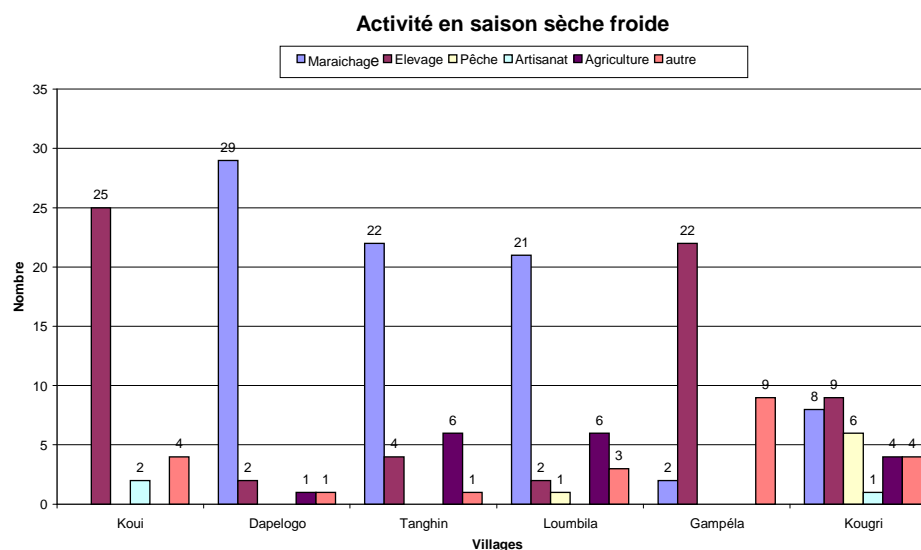


Figure 22 : Activités pratiquées par les populations dans les différents villages



Figure 23 : Photo illustrant les activités pratiquées par les populations riveraines –a) Elevage : abreuvement des animaux, b) Pêche : barrage de capture de poissons, c et d : Maraîchage : préparation du terrain et plants.

- **Occupation de l'espace et gestion des conflits**

Les cours d'eau, leurs berges et les alentours des cours d'eau sont les lieux d'approvisionnement en diverses ressources. Eau, briques, sable, bois et pailles sont extraits pour la construction des maisons, des hangars et greniers (Figures 24 et 25). Les populations enquêtées mènent également la majorité de leurs activités sur les berges des cours d'eau ou autour des barrages existants (figure 26). Cette occupation des zones des berges pour les diverses activités, entraîne un ensablement du cours d'eau et crée aussi des conflits entre les différents usagers.

Les conflits existent entre les maraîchers et les éleveurs sur l'exploitation des berges des cours d'eau et des puits. Les éleveurs accusent les maraîchers d'occuper de plus en plus les chemins d'accès à l'eau. De l'avis des maraîchers, ce sont plutôt les éleveurs qui laissent leurs animaux pénétrer dans les champs. Ces conflits, selon les autorités traditionnelles, éclatent le plus souvent en début d'hivernage lorsque les ressources fourragères sont peu abondantes et

au moment des récoltes quand ces ressources commencent à diminuer. La cohabitation entre ces deux activités est donc conflictuelle. Le manque d'espace en est une des raisons. La création de nouvelles aires propices au pâturage des animaux n'est pas aisée et les lieux déjà créés sont peu à peu occupés par les cultures. Les éleveurs bien au fait de la situation, n'adhèrent pas à l'idée d'un élevage en milieu clos. Selon eux, ce type d'élevage est très onéreux, complexe et nécessite un encadrement technique. Ils préconisent la construction de nouveaux forages ou puits spécifiques aux éleveurs, de magasin de stockage d'aliment pour bétail comme les banques de céréales, la mise en place d'un cadre de concertation entre éleveurs et maraîchers.

Des conflits existent également entre les maraîchers et les pêcheurs. Ces derniers estiment que les maraîchers déplacent leurs équipements de pêche, ils font du bruit et leurs activités troubles constamment l'eau, ce qui fait fuir les poissons. En réponse, les maraîchers font valoir leur droit à l'usage de l'eau. Les conflits sont en général réglés à l'amiable, à défaut auprès des autorités coutumières et au cas échéant auprès des autorités administratives. Les enquêtés trouvent la résolution des conflits chez les chefs coutumiers, plus efficaces.

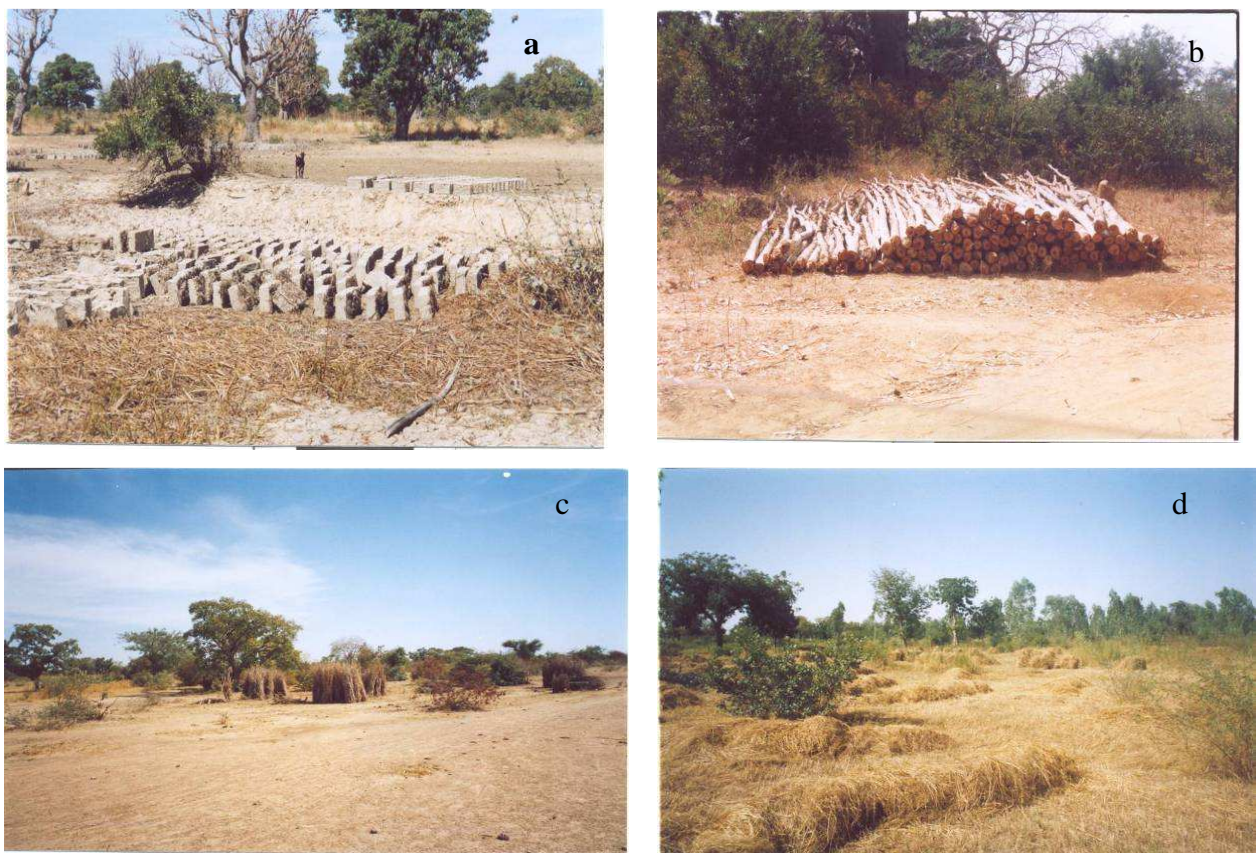


Figure 24 : Extraction de matériaux pour la construction de maisons, hangars et greniers (*a- Briques confectionnées sur le lit du Massili à Dapélogo, b- Bois de construction, coupé sur les berges du Massili à Gampéla, c- Pailles récoltées sur les berges du Massili à Dapélogo, d- Pailles récoltées sur les berges du Massili à Gampéla*)

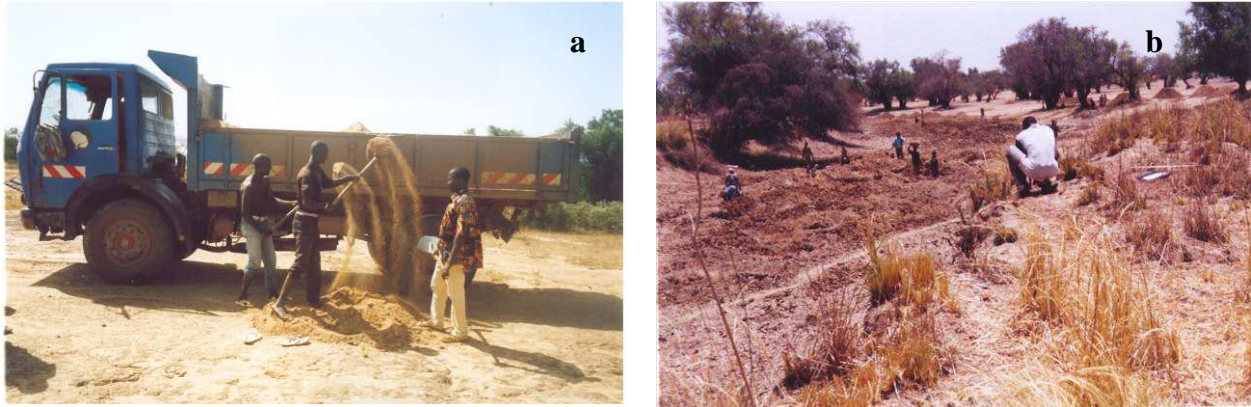


Figure 25 : Exploitation du sable dans les cours d'eau et sur les berges (a- Sable prélevé dans le lit du Massili , b- Sable prélevé sur les berges du Nakanbé à Kougri)

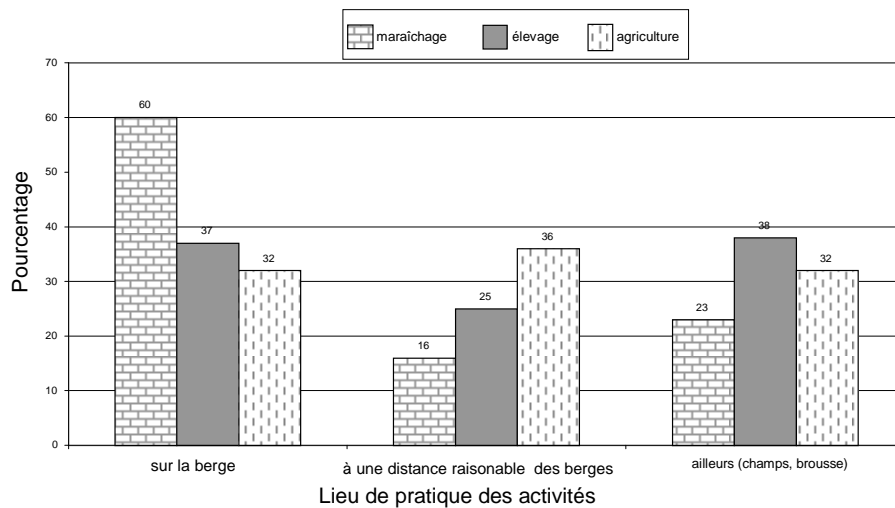


Figure 26 : Lieu de pratique des activités

II.2.2.3. Dynamique socioéconomique au niveau de la zone d'étude

Il existe une certaine organisation socioprofessionnelle au sein de la zone enquêtée. En effet, la plupart de la population est membre d'un groupement socioprofessionnel (54% contre 46 %). Les principaux groupements sont ceux des maraîchers (18%), des agriculteurs (13%), des éleveurs (11%) et des pêcheurs (8%). Les raisons évoquées pour cette appartenance sont l'entraide, la solidarité, les facilités de financements : « *Nous sommes dans les groupements parce que ce sont les meilleurs canaux pour un mieux être en tant que cadre d'échange, de partages de nouvelles idées, de techniques de production, de vente, etc.* », disent-ils. (Membre focus maraîchers à Dapélogo, entretien du 21/03/07). Il existe aussi une certaine organisation de la population pour la gestion de l'eau. L'eau des retenues n'est pas tarifiée, par contre l'eau des forages réalisés dans le village pour la consommation des populations est tarifiée: 500

FCFA par an et 1000 FCFA par an pour les éleveurs et les dolotières. La somme ainsi collectée sert à l'entretien des pompes.

Les enquêtes révèlent que les revenus issus des exploitations sur les berges du barrage ou du cours d'eau sont nettement supérieurs à ceux issus des champs familiaux qui sont généralement situés loin des berges des barrages ou des cours d'eau (Figure 27). Certains champs sont situés à plus de 10km du village. Il n'y a pas de concurrence entre les productions des champs familiaux (cultures céréalières) et les productions sur les berges du barrage (cultures maraîchères). Les premières sont réalisées pendant la saison hivernale, tandis que les secondes sont produites pendant la saison sèche. Aussi, dès la fin de la période des cultures céréalières, la majorité des jeunes se déplace sur les bords du cours d'eau pour de nouvelles activités agricoles. Selon les différents témoignages recueillis, la pratique de cette culture dite de contre saison a permis de réduire l'exode des jeunes vers la ville ou vers la Côte d'Ivoire. Paradoxalement, le village est devenu une zone d'immigration saisonnière des jeunes en provenance de différentes régions du Burkina Faso.

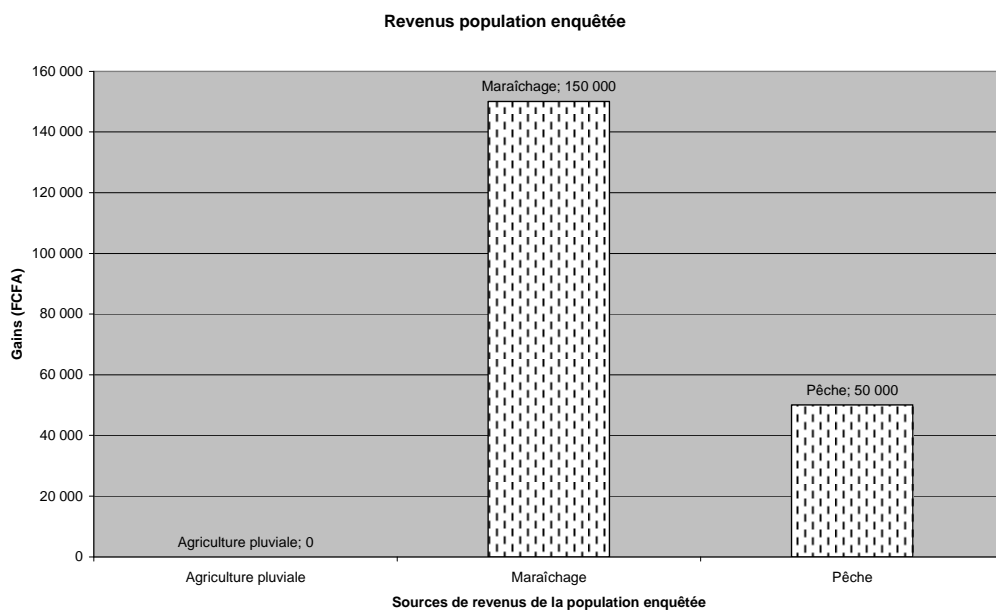


Figure 27 : Source de revenus de la population enquêtée

Sur le plan économique, les populations tirent leurs revenus principalement du maraîchage, de la vente des produits de la pêche et de l'élevage. Ces revenus leur permettent de faire face aux dépenses pour l'alimentation (31%), pour les soins de la famille (31%), l'éducation des enfants (23%) ainsi que pour l'investissement professionnel et des dépenses de prestiges, (Figure 28). Dix pour cent de la population enquêtée estiment que ces dépenses

peuvent être supérieures à 100 000 FCFA par an. Cependant, la plupart des dépenses se situent entre 1000 et 25 000 FCFA (42%).

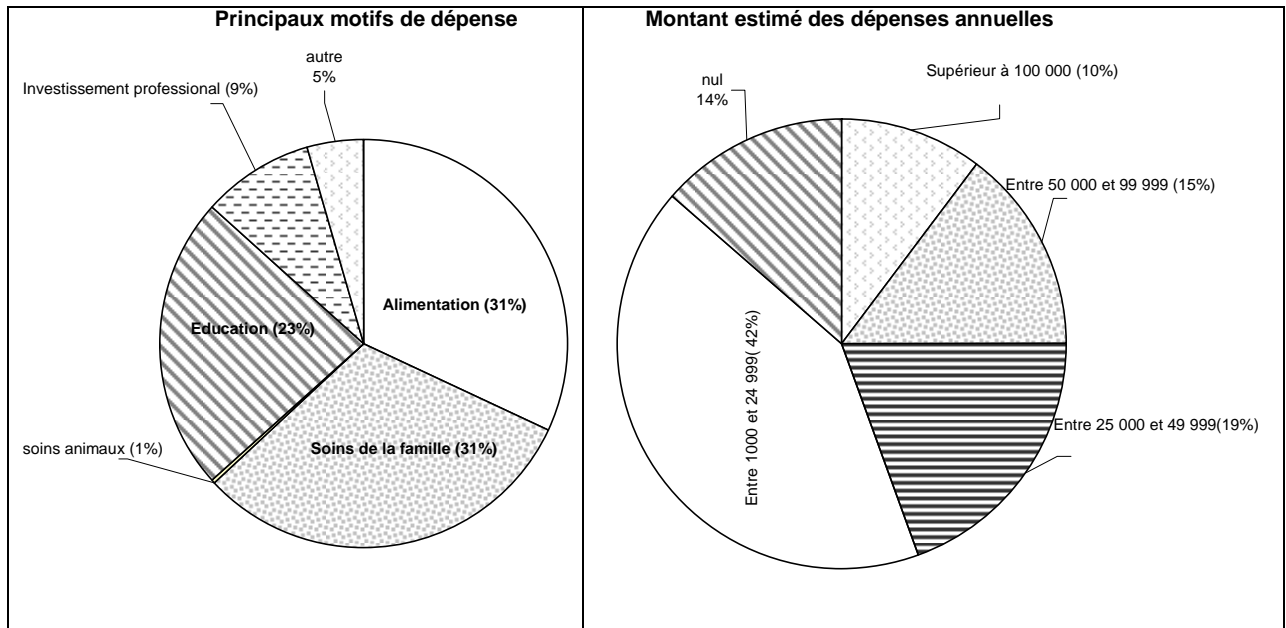


Figure 28: Principaux motifs de dépense et montant estimé des dépenses annuelles

La population enquêtée possède également certains biens matériels, reflétant le niveau de sa condition de vie. La figure 29 montre que seulement 2% de la population enquêtée ne possède pas de vélo, 85% possède une charrue et 52% une mobylette. L'enquête révèle que la radio, la charrette et la moto sont des signes extérieurs d'aisance dans les villages enquêtés. Cette situation traduit une relative aisance et des conditions de vie acceptable dans ces localités. Cela s'applique à toutes les localités indépendamment de leur position géographique en amont ou en aval des retenues d'eau, (Figure 30).

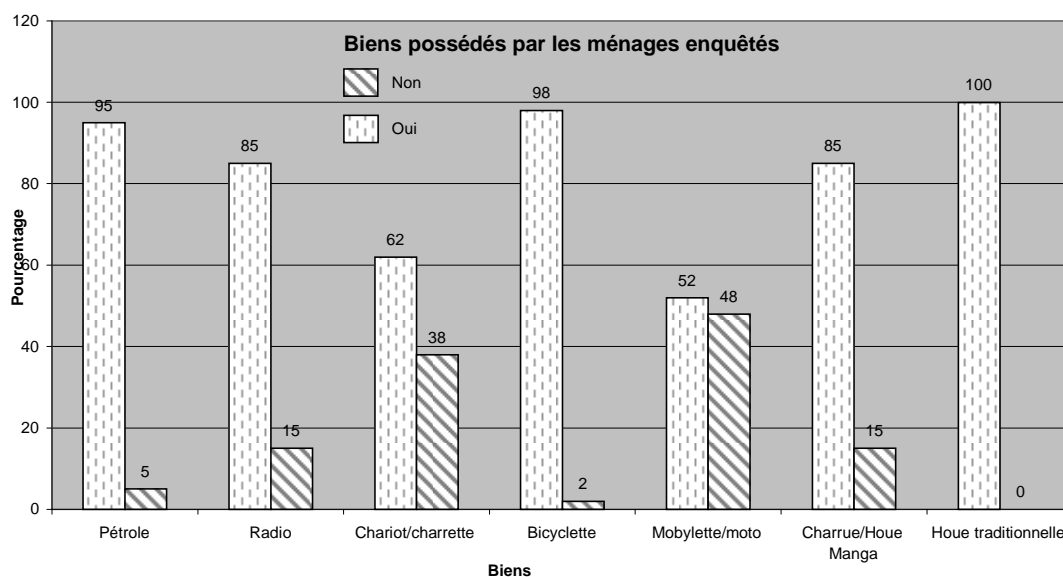


Figure 29 : Biens possédés par les ménages enquêtés

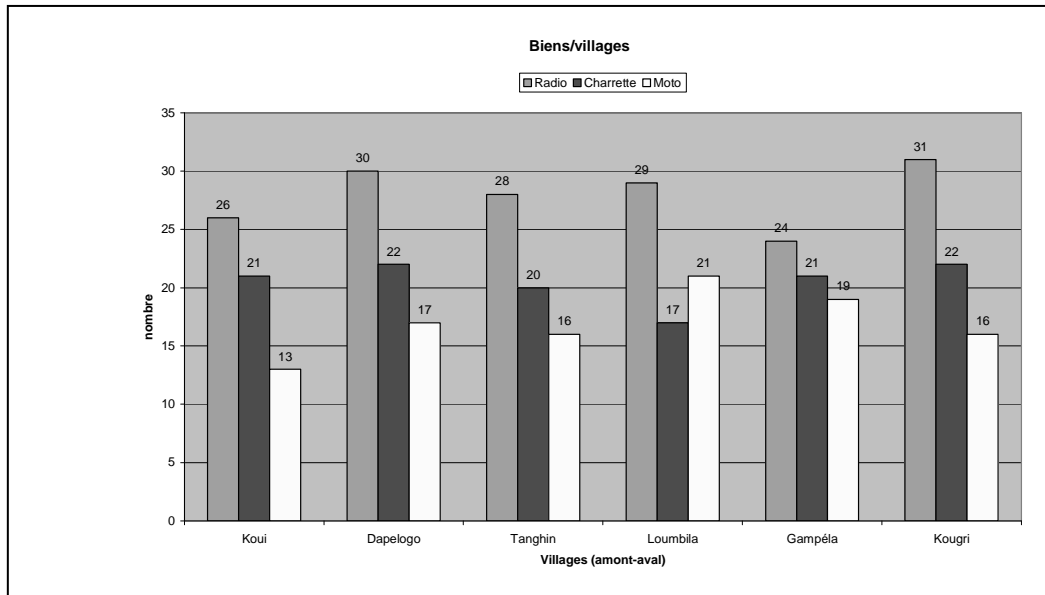


Figure 30 : Répartition des biens de la population enquêtée par localité

II.2.2.4. Utilité des hydrophytes au niveau de la zone d'étude

- **Sur le plan sanitaire**

Dans la zone d'étude, 74% de la population affirme avoir recours à la fois au dispensaire et à la pharmacopée en cas de maladie (Figure 31). De manière générale, les populations ont recours d'abord aux plantes médicinales pour les questions de santé. Elles ne se réfèrent aux services sanitaires qu'en cas d'échec des traitements phytothérapeutiques habituels. Cela peut s'expliquer par le manque de moyens financiers mais aussi par un attachement à la tradition.

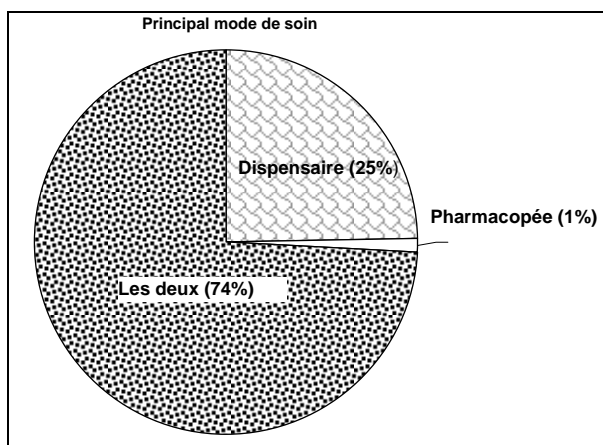


Figure 31 : Principal mode de soin des populations enquêtées

Selon les enquêtes, les principales espèces dont les racines, écorces, fruits, feuilles, fleurs ou graines sont les plus usités sont : *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Crateva adansonii*, *Daniellia oliveri*, *Mitragyna inermis*, *Moghania faginea*, *Nauclea latifolia*, *Mimosa pigra*,

Euphorbia hirta, *Stylochyton lancifolius*, *Vetiveria nigriflora*, *Hyparrhenia rufa*, *Nelsonia canescens*, *Hygrophila auriculata*.

La population utilisant les plantes comme mode de soin évoque l'efficacité des plantes (61%), l'héritage ancestral (22%) et le manque de moyens (13%), comme raison (figure 32). Selon la population enquêtée, la disponibilité des plantes médicinales est due à la présence du cours d'eau (35%), à l'existence d'une forêt classée (27%), mais la principale raison reste la protection de ces plantes du fait de leur usage ethnobotanique (38%).

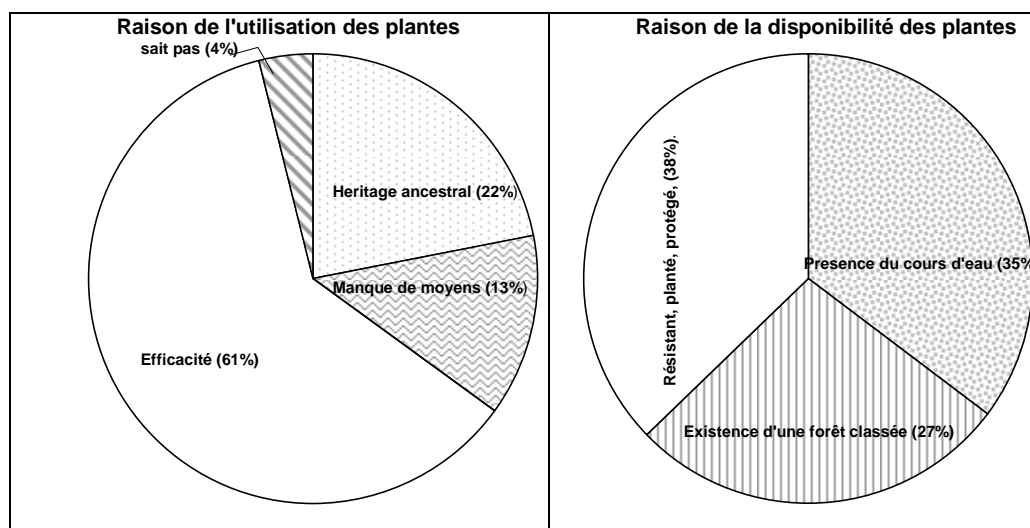


Figure 32 : Raison de l'utilisation des plantes médicinales et leur disponibilité

L'échange avec les tradipraticiens a révélé la raréfaction voire la disparition de certaines plantes médicinales, pour la plupart terrestres, telles que *Trichilia roka*, *Cochlospermum planchonii*, *Securidaca longipedunculata*, *Nauclea latifolia*, *Ficus sur syn. F.capensis*, *Sclerocarya birrea*, dans certaines localités. Cette disparition affecte fortement la santé, car certaines maladies ou affections bénignes sont traditionnellement connues et exclusivement traitées à partir de plantes médicinales (Figure 33). Ce qui a pour conséquence des frais pour des soins habituellement gratuits. En effet, les familles sont contraintes, soit à l'achat des plantes médicinales recherchées, soit à conduire le malade au dispensaire. Les causes évoquées de cette disparition sont la déforestation (74%), la mauvaise pluviométrie/climat néfaste (15%) ainsi que l'absence d'eau (11%).

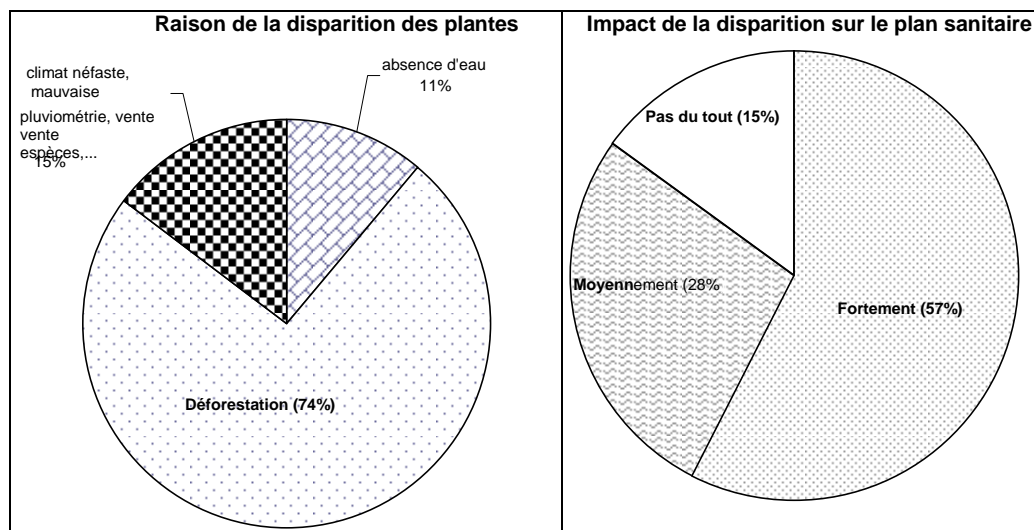


Figure 33 : Raisons données de la disparition des plantes et impact sur le plan sanitaire

- **Sur le plan alimentaire et fourrager**

Les hygrophytes sont également utilisés comme source de nourriture pour les hommes et pour les animaux. Les feuilles et fruits des ligneux de même que certaines herbacées sont d'une utilité certaine tant sur le plan alimentaire, fourrager que pharmacologique (Tableau 5). Les herbacées poussant sur les berges des cours d'eau sont très appréciés par les animaux (Annexe 2).

Tableau 5 : Utilité des hygrophytes sur le plan alimentaire, fourrager et médical

Espèces	Alimentation	Fourrage	Santé	autres
<i>Cyperus esculentus</i>	x	x		Confection de panier, rhizome commercialisé tel quel ou transformé en jus.
<i>Hyptis spicigera</i>				Protection contre les moustiques, conservation du haricot
<i>Hyparrhenia rufa</i>			x	
<i>Oryza barthii</i>	x	x		
<i>Paspalum orbiculare</i>		x		
<i>Stylochiton lancifolius</i>	x	x	x	
<i>Vetiveria nigriflora</i>		x	x	Confection de panier, toit de chaume, grenier, racines utilisées pour aseptiser l'eau dans les canaris
<i>Crateva adansonii</i>	x	x	x	Feuilles et fruits sont comestibles ; feuille utilisées en teinture (couleur jaune)
<i>Daniela oliveri</i>			x	Résine utilisée en encens
<i>Mitragyna inermis</i>		x	x	
<i>Moghania faginea</i>			x	
<i>Nauclea latifolia</i>			x	Ecorce utilisé contre les maux de ventre
<i>Vitex doniana</i>	x	x	x	

- **Sur le plan énergétique**

Le bois est la principale source d'énergie de la population (98%). La forêt classée et la brousse constitue le principal lieu d'approvisionnement (70%) suivi par les berges des cours d'eau (21%). Cependant, 78% des enquêtés trouvent l'accessibilité au bois très difficile. La principale cause évoquée de cette disparition est la déforestation (83%) qui touche également les berges des cours d'eau, (Figure 34). Cette déforestation est très préoccupante car, certaines essences, telles *Vitellaria paradoxa* ne sont pas épargnées (Figure 35). La population essaie de pallier ce problème en créant un bois villageois dont les modalités d'accès sont régies soit par un comité de gestion, soit par les forestiers. Dans les localités où il n'existe pas de bois villageois, la population évoque le manque de place ou la présence d'une forêt classée pour expliquer ce fait.

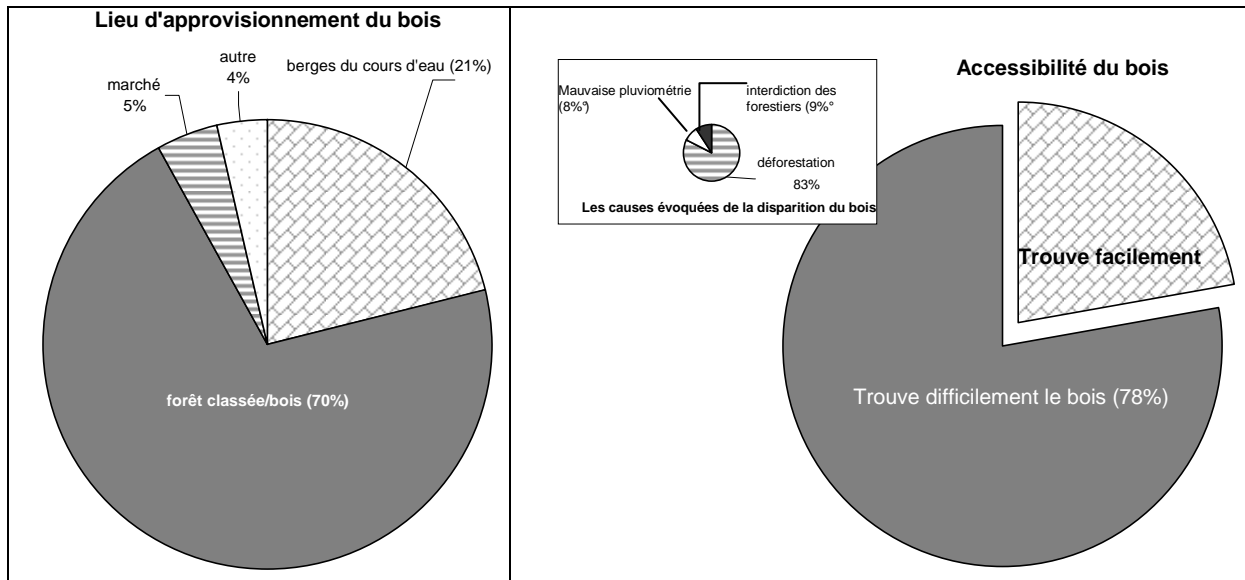


Figure 34 : Lieu d'approvisionnement en bois et accessibilité de cette ressource



Figure 35 : Exploitation du bois (a) et charbon de bois (b)

II.4. DISCUSSION

Les résultats des enquêtes socioéconomiques menées dans les régions du Centre et du Plateau Central mettent en évidence l'influence de la présence des cours d'eau sur l'existence des ressources naturelles du bassin du Nakanbé (eau, bois, pailles, poissons, terres, etc.) et la dépendance des populations riveraines par rapport à ces ressources. En effet, les zones des berges, les ressources en eau du bassin, les hygrophytes, les ressources piscicoles sont tous utilisées par cette population. De même, la majorité des activités de ces populations est liée à la présence des cours et plans d'eau dans les différentes localités (84%). L'agriculture pluviale est presque exclusivement utilisée pour l'alimentation de la famille et elle ne couvre pas toujours les besoins de la famille. Par contre, les produits du maraîchage sont utilisés pour l'alimentation de la famille mais également comme source de revenus pour couvrir d'autres besoins tels que les frais de l'éducation (25%), pour la santé (31%) et même pour l'achat de nourriture (31%). L'importance de ces zones pour l'amélioration des conditions de vie des populations riveraines est ainsi révélée par cette enquête. La sécurité alimentaire n'étant pas seulement assurée par la disponibilité en grains, les produits de l'élevage et de la pêche y jouent également un rôle non négligeable. Aussi, les différentes cultures contribuent à atteindre la sécurité alimentaire et à améliorer les revenus monétaires de l'unité familiale.

Les plantes des berges des cours d'eau sont utilisées comme bois d'œuvre, source alimentaire, médicinale, énergétique et fourragère avec 21% de l'approvisionnement sur les berges des cours d'eau. Ces usages ethnobotaniques corroborent ceux de Guinko (1984), Lykke (2000), Lykke et *al.* (2004) ; Millogo-Rasolodimby (2001) ; Kristensen & Lykke (2003), qui ont également reporté que les plantes au niveau du Burkina Faso, sont utilisées par l'homme et les animaux comme source de médicament et de nourriture surtout en période de disette.

La santé est un bien-être physique, mental et social de l'être humain⁴. Il existe un lien entre la santé, la qualité de la vie et la productivité économique. Aussi, la présence des cours d'eau en permettant la disponibilité de certaines plantes médicinales au niveau des berges (35% de la population attribue la disponibilité des plantes à la présence de l'eau), contribue à la qualité de vie et à la productivité économique de la population riveraine quelque soit leur position géographique par rapport au cours d'eau.

Les régions du Centre et du Plateau Central sont relativement pauvres. Le taux de scolarisation primaire (44%) et secondaire relativement bas (9%). Ce taux s'explique

⁴ Adapté de la définition de l'OMS telle qu'elle est inscrite dans sa constitution, dite d'Ottawa, adoptée en 1946

principalement par l'emploi des enfants aux travaux agro-pastoraux et domestiques, car la zone est assez pourvue en infrastructures scolaires. Comparativement à d'autres régions, la couverture d'infrastructures sanitaires est assez fournie mais l'accessibilité est limitée par le coût relativement élevé. Le cadre de vie est marqué par la précarité de l'habitat, par un faible accès à l'électricité et l'inexistence de système d'évacuation des eaux usées. Les sources d'eau sont les puits, les forages, les cours d'eau et le réseau d'adduction qui demeure très faible.

Cependant, cette pauvreté est atténuée par l'exploitation des cours d'eau et de leurs ressources qui procure aux populations riveraines une relative sécurité alimentaire. En effet, l'exploitation des plans d'eau offre d'autres possibilités d'accès à des revenus monétaires sans compromettre la stabilité alimentaire de l'unité familiale. Mieux en procurant du travail aux jeunes, elle contribue à freiner l'exode rural. De même à travers les revenus monétaires qu'elle procure, elle participe au mieux être d'ensemble des membres de la communauté riveraine qui dispose d'un pouvoir d'achat leur permettant d'accéder à l'éducation, à la santé mais aussi à investir (9% du revenus) et améliorer leur cadre de vie. Aussi, selon l'échelle de classification de Calkins et *al.*, 1996, le niveau de la population enquêtée est assez confortable. En effet, ces enquêtés ont un certain niveau d'instruction et possèdent des biens matériels tels que charrue (85%), mobylette (52%), radio (85%), etc. De l'étude socio-économique de la zone, il ressort que les barrages existants dans la zone (Dapélogo, Loumbila, Ziga) ainsi que les cours d'eau constituent un pilier essentiel dans les stratégies de vie des populations riveraines.

L'étude a permis de relever que les conditions de vie des populations locales, influent aussi sur leur comportement vis-à-vis de la ressource. Une dynamique socioéconomique est en effet, mise en exergue. Les facteurs tels que l'appartenance à un groupement socio professionnel, le bénéfice tiré des activités menés au niveau des retenues d'eau ou des abords des cours d'eau, le statut d'autochtone, le réseau de solidarité entre membre d'un même groupement, le fait d'être agriculteur, ou maraîcher ont une influence positive sur la coopération des communautés rurales et les incite à participer à une action collective (reboisement, gestion forestière,...). L'on note un accroissement considérable de la présence de la société civile dans les régions du Centre et du Plateau Central. De nombreuses ONG s'y sont implantées et œuvrent pour le développement rural, l'alphabétisation et la lutte contre le Sida. Cela traduit un certain dynamisme au niveau de ces localités.

Les populations tirent la majorité de leurs revenus des activités liées à la présence des cours et plans d'eau. L'analyse des sources de revenus monétaires des populations dans les villages enquêtés révèle ainsi une forte dépendance vis-à-vis du cours d'eau et des barrages quand ceux-ci existent. Les revenus sont utilisés pour l'achat de vivres au moment des périodes de soudures, de médicaments en cas de maladie d'un des membres de la famille ou encore pour subvenir aux frais de scolarisation des enfants. Aussi, ces plans et cours d'eau par le rôle qu'ils jouent en mobilisant les populations pour le maraîchage, la pêche, et les productions céréalières de contre saison contribuent à la sécurité alimentaire, à la réduction de l'exode rurale et à l'amélioration des conditions de vie de la population. A ce niveau, Boutillier et *al*, 1977, relevait que 82% des immigrants agricoles de l'Ouest étaient des jeunes originaires du Plateau Central dont l'alternative pour accéder à l'initiative économique était de migrer. La conséquence du départ de jeunes vers d'autres horizons est la perte des actifs agricoles et donc une diminution du capital de travail entraînant de ce fait une remise en cause de la capacité productive de la région.

L'objectif d'accroissement de la production agricole et des produits de l'élevage dans le cadre de la réalisation de la sécurité alimentaire, élément nécessaire à la réduction de la pauvreté accélère la dégradation des ressources naturelles. En effet, l'occupation des berges des cours d'eau pour diverses activités (agriculture sur les berges, pêche, coupe de bois, pâturage, etc.) ainsi que l'exploitation des ressources de ces zones (végétation, sable) contribuent à la déforestation des berges, à l'ensablement des cours d'eau et à la dégradation de l'écosystème. Ces résultats rejoignent ceux de Nebie (1996) ; Savadogo (2005) et Diendere (2006).

Cependant, au regard des ambitions qu'elle affichait, le temps imparti pour la collecte des données (4 jours par localité) a été certainement insuffisant pour permettre un travail approfondi. Par ailleurs, certaines limites sont inhérentes à la méthode qui privilégie surtout les données qualitatives que chiffrées. Consciente de ces lacunes, nous avons tenté de les combler en mettant un accent particulier dans la recherche des données secondaires qui malheureusement sont souvent indisponibles. La singularité des centres semi urbains réside dans le caractère plus ou moins flexible de la population vue sous l'angle sociologique. Il s'agit de populations qui ont une expérience des enquêtes, de projets, etc. Sans oublier le fait que dans ces centres, la première des choses au vu d'un intervenant, c'est de rassembler uniquement les premiers responsables, qui se trouvent parfois être liés par des communautés d'intérêts dans le but de pouvoir mieux contrôler l'intervenant au cas où « c'est une manne

tombant du ciel » ou de désintéresser la masse populaire qui adhère ou pas au vu du comportement de tel ou tel responsable par rapport à l'intervenant.

CONCLUSION

Les résultats des différentes enquêtes menées dans le bassin du Nakanbé nous ont permis de relever que les ressources du bassin (terre, eau, hygrophytes, poissons, etc.) sont utilisées par les populations riveraines. Les berges des cours d'eau servent aussi de lieu de pratique des activités pour ces populations : culture maraîchère, élevage, coupe de bois de chauffe et plantes médicinales, etc. La dépendance des populations riveraines vis-à-vis des ressources des cours d'eau est donc indéniable. C'est ainsi que la présence de barrages ou cours d'eau constitue les directions privilégiées des migrations temporaires (ou permanentes) de travail. Les flux migratoires qui par le passé sont plus externes, deviennent de plus en plus internes : les jeunes migrent vers les plans d'eau pour pratiquer soit le maraîchage, soit la pêche.

Cette étude a montré que les barrages et cours d'eau constituent aussi des pôles de développement économiques et contribuent largement à l'amélioration des conditions de vie des populations riveraines. En effet, les cours et plans d'eau sont de nos jours le principal pourvoyeur d'emplois notamment en période de contre-saison. Il y a généralement d'importants mouvements migratoires forcés ou volontaires vers le site des barrages et cours d'eau. Les activités recensées sont multiples dont entre autre le maraîchage, l'élevage, la pêche, l'extraction de matériaux divers, etc. En fournissant des denrées alimentaires (légumes, poisson, fruits, etc.) utilisées directement pour l'alimentation des membres de la famille, les cours et plans d'eau contribuent à éloigner le spectre de la faim. Mieux en offrant des sources de revenus monétaires, ils aident à sécuriser les productions sous pluie en les mettant à l'abri du marché. Dans le pire des cas, ils permettent d'acheter des vivres pour combler le déficit céréalier en cas de mauvaise pluviométrie. Dans le cas contraire, les revenus acquis sont utilisés pour renforcer le mieux être des membres de la famille (accès aux soins de santé, scolarisation, achat de motos, achat de bétail et investissements divers, etc.).

De même, les cours (et retenues) d'eau ont fait l'objet d'une appropriation sociale par les populations riveraines. Du fait de cette appropriation sociale, les cours d'eau ont un impact positif sur les conditions de vie des populations riveraines. En effet, l'ensemble des interlocuteurs rencontrés atteste une nette évolution du niveau de vie des familles riveraines. Celle-ci se traduit par une amélioration des habitats (maisons en dur ou semi-dur couvert de

tôles), l'acquisition de biens matériels (cyclomoteurs, de charrue, de mobylette, etc.) qui constitue des indicateurs d'une relative aisance.

L'exploitation des berges des cours d'eau et l'occupation des zones contigües aux plans d'eau, bien que procurant un meilleur mieux-être aux populations, ne se fait pas sans conséquence sur l'écosystème. Ce sont essentiellement la dégradation des berges, conséquence d'une agriculture localisée sur les rivages, l'établissement de petites retenues modifiant les écoulements naturels, le piétinement intensif de certaines zones utilisées par les troupeaux venant s'abreuver. Il en résulte de gros problèmes d'ensablement des lits des rivières et des retenues, réduisant ainsi le stockage d'eau d'année en année. L'usage des pesticides pour l'agriculture sur les berges conduit aussi à la dégradation de la qualité des eaux avec un impact négatif sur la faune piscicole et contribue à réduire les quantités d'eau nécessaires pour certains usages.

Engagés en règle générale pour des raisons économiques, les travaux d'hydraulique fluviale sont soumis à des contraintes très complexes sur le plan des effets recherchés et des effets involontaires inévitables. La plupart du temps, ils génèrent donc des conflits d'intérêt et doivent de ce fait être planifiés et réalisés de manière à concilier autant que possible ces intérêts divergents. Parmi les effets involontaires inévitables figurent la modification du régime fluvial des cours d'eau, la transformation de zones d'inondation entraînant une mutation de la flore et de la faune et des possibilités de vie de certaines espèces.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons l'effet de la crue fluviale sur la végétation des berges et l'interaction entre les phases d'inondation et d'exondation sur cet écosystème.

CHAPITRE III – IMPACTS DE LA CRUE FLUVIALE SUR LES ECOSYSTEMES RIVERAINS DU NAKANBE

INTRODUCTION

L'eau est la clé du fonctionnement des zones humides et sa source principale est la pluie. Cependant, une fois la pluie tombée, divers paramètres exercent une influence sur le devenir de cette eau, en particulier la configuration du terrain, le type de sol et la végétation. Hormis leur influence sur l'importance relative des taux de ruissellement et d'infiltration de l'eau dans un bassin versant, les sols jouent un rôle fondamental dans le cycle des substances nutritives et influencent donc la croissance des végétaux. La végétation fournit en retour l'architecture de base du milieu dans lequel d'autres espèces vivent.

Située à l'interface de deux milieux (terrestre et aquatiques), la ripisylve présente une grande valeur patrimoniale. En effet la végétation rivulaire participe à la conservation (refuge), à la dynamique (migration) des écosystèmes fluviaux. La ripisylve est un facteur important de la diversification de l'habitat terrestre et aquatique de par son couvert végétal, son système racinaire (caches pour les poissons) et sa production de débris ligneux, source de nourriture de base de la chaîne alimentaire. L'importance de cette ripisylve, explique notre intérêt pour sa gestion, sa conservation voire sa restauration. Or, le maintien de la végétation des berges n'est possible que si les conditions hydrologiques sont réunies, les écosystèmes aquatiques étant façonnés par le régime de la crue naturelle.

Evaluer l'impact environnemental des travaux fluviaux pose des problèmes, car il est difficile d'en quantifier les effets. Les descriptions qualitatives sont possibles mais devront, pour être exploitables, être aussi détaillées que possible. C'est au vu de cette complexité dans l'évaluation des effets que peuvent induire la modification de la crue fluviale que nous avons choisi de nous intéresser à deux composantes « représentatives » de l'écosystème fluvial qu'est la végétation des berges des cours d'eau et les poissons. En effet, indépendamment de ces fonctions écologiques vitales pour le maintien de la biodiversité, la végétation rivulaire joue d'autres rôles ou procure d'autres avantages, tels que le maintien des sols en place face à l'érosion, une fonction régulatrice du cycle hydrologique, un effet brise-vent ou encore des fonctions paysagères ou récréatives. Nous allons donc tenter d'appréhender l'interaction entre, d'une part le régime de la crue naturelle fluviale et la dynamique de la végétation des berges et d'autre part, le régime de la crue fluviale, la végétation des berges et la faune piscicole.

III.2. METHODES

Une étude des sols des berges du Massili a montré qu'il y existe un fort degré de ressemblance de tous les sols situés dans les zones de marnage et que la répartition de la végétation des berges évolue plus en fonction des conditions hydrologiques (phases d'inondation et d'exondation), qu'en fonction des caractères pédologiques (Lamizana-Diallo et *al.*, 2007). Une autre étude a aussi mis en relief une certaine pollution des eaux du Massili et conclu que cette pollution n'avait pas d'effet sur la répartition des hygrophytes le long du cours d'eau (Lamizana-Diallo et *al.*, 2008b). Sur la base de ces résultats antérieurs, l'accent a été mis sur le suivi de la dynamique de la végétation des berges du Massili et du Nakanbé et l'interaction avec la zone inondée.

III.2.1. Choix des sites d'études pour le suivi des hygrophytes et de l'inondation

Cinq sites repartis sur le bassin du Nakanbé ont été choisis pour le suivi des hygrophytes. Il s'agit de Dapélogo et Gampéla, sur le Massili et de Ziga-amont, Kougri et Zékézé, près de la frontière ghanéenne, sur le cours d'eau principal du Nakanbé (Figure 36). Les sites de Dapélogo et Gampéla étaient suivis depuis 2004 (Lamizana-Diallo, 2005). Les sites de Ziga-amont, Kougri et Zékézé ont été choisis sur le cours principal du Nakanbé pour un besoin de comparaison d'avec les hygrophytes des deux sites sur l'affluent, Massili. En effet, les critères tels que l'état plus ou moins naturel de la zone des berges (non exploitées pour les cultures), l'accessibilité du site, sa position par rapport au barrage ont guidé le choix de ces sites. Ce choix répond à un besoin de faire ressortir le rôle des barrages par rapport à certains paramètres (crue, moment d'apparition des herbacées sur le site aval et amont).

Les sites pour le suivi de l'inondation sont tous repartis le long du Massili afin de permettre la réalisation d'une carte d'inondation (Figure 36). Il faut noter qu'une carte d'inondation avait été réalisée pour le Massili en 2004 (Lamizana-Diallo, 2005) et avait permis de mettre en relief l'inter-action la végétation des berges et la surface inondée (Lamizana-Diallo et *al.*, 2008a). Ces sites ont été repartis d'amont en aval, depuis Kouï, Dapélogo, Yalengue, Gampéla et Zanga, près de la jonction d'avec le Nakanbé. Les critères tels que la topographie des berges permettant un certain épandage de la crue et l'accessibilité ont guidé le choix de ces sites.

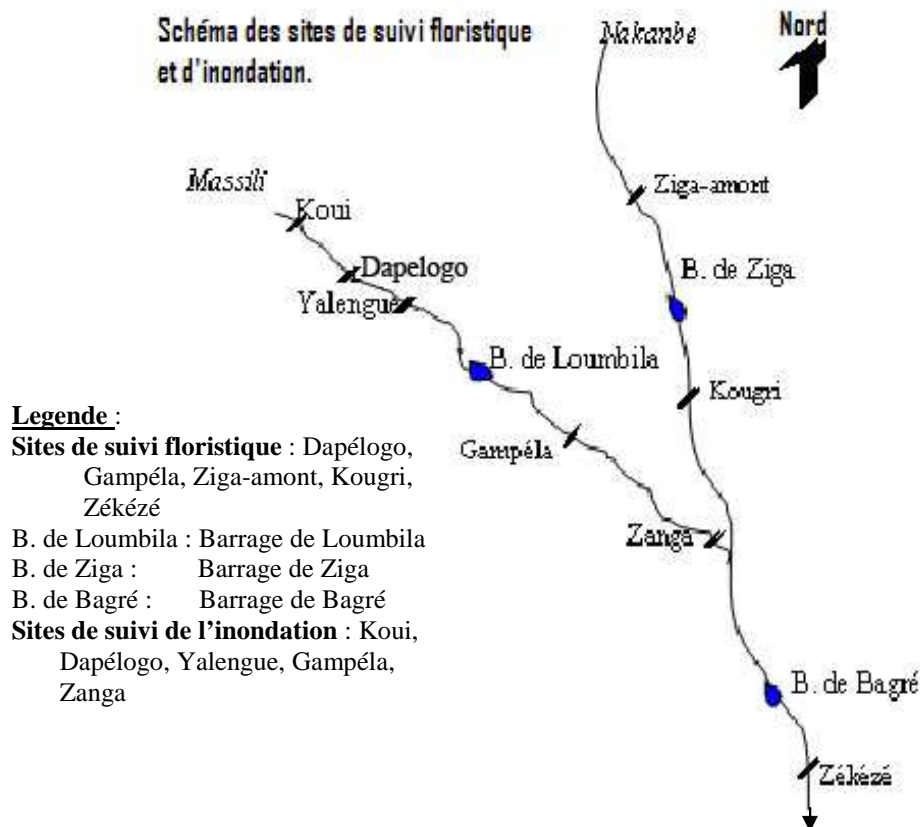


Figure 36 : Schéma représentatif des sites de suivi floristique et d'inondation

III.2.2. Dispositif expérimental

III.2.2.1. Suivi floristique

Au Burkina Faso les textes de loi préconise le respect de la bande de servitude au niveau des cours et plans d'eau. En effet, l'article 77 sur la réforme agraire et foncière (RAF) stipule que « les fonds de terre riverains des cours d'eau, lacs, étangs, supportent une servitude de passage sur une largeur de cent (100) mètres sur chaque rive ou sur tout le pourtour selon le cas ». Ces textes de loi ne sont cependant pas respectés. Il faut noter à ce niveau qu'il est très difficile de trouver une distance au-delà de 50 m qui ne soit pas cultivé et sur les 17 sites repartis le long du Massili et qui ont fait l'objet de suivi en 2004 (sur une distance de 100 m), seuls quelques uns sont restés intacts. Les cultures sont effectuées jusqu'au bord du cours d'eau (Lamizana-Diallo, 2005).

Aussi, sur chaque site, le suivi floristique s'est fait sur les deux berges du cours d'eau (lorsque la topographie le permet) sur une distance de 50 m. Le but étant de faire ressortir la variation du tapis végétal d'un point à un autre. La méthode du transect-bande permettant d'analyser la répartition des espèces selon un gradient, ici en fonction de la distance au cours d'eau et donc de la durée d'inondation, a été utilisée (Lamizana-Diallo, 2005). Chaque

transect-bande a une largeur de 2 m et une longueur fixée à 50 m, suivant la limite de l'inondation d'une bordure à l'autre du cours d'eau. Sur le transect-bande, nous déroulons deux rubans - mètre de 50 m parallèlement (en suivant les piquets déjà implantés dans le sol), puis nous délimitons un placeau de 2m fois 10m, dans lequel nous relevons toutes les espèces (ligneux et herbacées), sur les 50 m (Figure 37). Les sites d'études avaient la particularité de n'abriter que des arbustes et petits arbres. Le lit mineur n'a pas été pris en compte car il n'y avait pas de végétation : quand il n'est pas rempli d'eau, il est soit rempli de sable ou craquelé.

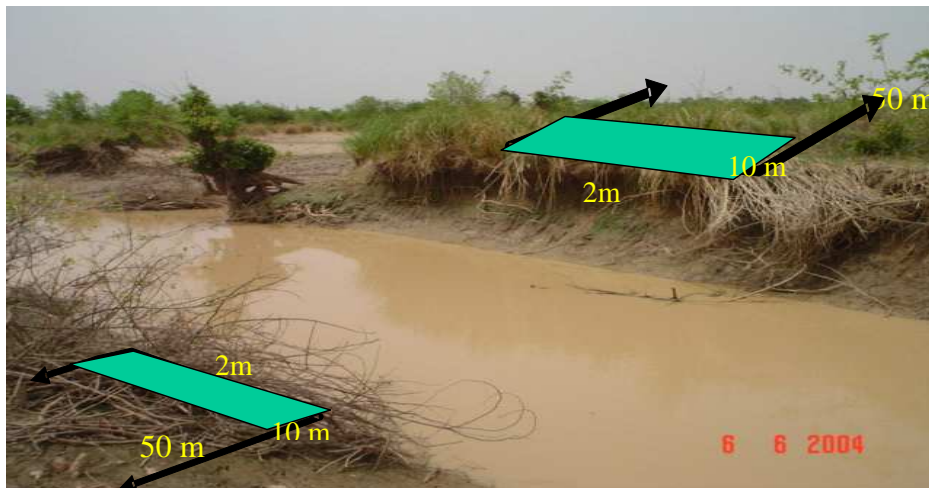


Figure 37 : Site d'observation sur lequel est matérialisé le dispositif d'étude.

Nous avons ainsi deux transect-bande par site et cinq placeaux pour chaque transect-bande. Les placeaux, ou relevés, sont numérotés de 1 à 5; le relevé n°1 pour chaque station est toujours situé au bord du lit mineur ; ainsi les autres relevés sont d'autant plus éloignés du lit mineur que leur n° est grand.

Pour chaque relevé, nous avons noté la présence (ou l'absence) des espèces, la distance du placeau par rapport au cours d'eau et les activités anthropiques qui s'y déroulent. Le suivi de la végétation s'est fait mensuellement sur le terrain, hors mis les mois de juillet, août et septembre. Ces zones étaient totalement inondées pendant cette période et il était impossible d'y effectuer des relevés floristiques (tableau 6). Le nombre de passage sur le terrain a permis de mettre en évidence la variation de la composition floristique en fonction de la période de l'année. Les documents tels que Berhaut (1967), Hutchinson et *al.* (1958), Le Bourgeois et Merlier (1995), Arbonnier (2000), ont été utilisés pour la détermination des espèces végétales.

Tableau 6 : Récapitulatif du suivi floristique des cinq sites avec les codes des périodes de passage utilisés dans l'analyse NMS et la classification hiérarchique.

Période	Massili						Nakanbé					
	Dapélogo			Gampéla			Ziga-amont		Kougri		Zékézé	
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Janvier			atv			atv		atv		atv		atv
Février			atw			atw		atw		atw		atw
Mars		at1	atw		at1	atw	at1	atw	at1	atw	at1	atw
Avril	ata	at2		ata	at2		at2	atx	at2	atx	at2	atx
Mai	atb	at3		atb	at3		at3	aty	at3	aty	at3	aty
Juin	atc	at4		atc	at4		at4	atz	at4	atz	at4	atz
Juillet												
Août	<i>Hivernage- zones inondées</i>											
Septembre												
Octobre	atd	at5		atd	at5		at5		at5		at5	
Novembre	ate	at6		ate	at6		at6		at6		at6	
Décembre	atf	at7		atf	at7		at7		at7		at7	

NB: *Dapélogo & Gampéla, sur le Massili, 16 mois de suivis, Ziga-amont, Kougri & Zékézé, sur le Nakanbé, 13 mois de suivis*

Legende : ta = temps de passage en avril 2004 ; t1 = temps de passage en mars 2005
 tb = temps de passage en mai 2004 ; t2 = temps de passage en avril 2005 ;
 tc = temps de passage en juin 2004 ; t3 = temps de passage en mai 2005 ;
 td = temps de passage en octobre 2004 ; t4 = temps de passage en juin 2005 ;
 te = temps de passage en novembre 2004 ; t5 = temps de passage en octobre 2005 ;
 tf = temps de passage en décembre 2004 ; t6 = temps de passage en novembre 2005
 t7 = temps de passage en décembre 2005 ; tu = temps de passage en janvier 2006 ;
 tv = temps de passage en février 2006 ; tw = temps de passage en mars 2006 ;
 tx = temps de passage en avril 2006 ; ty = temps de passage en mai 2006 ;
 tz = temps de passage en juin 2006 .

Les relevés ont été codifiés en tenant compte du nom du site, de la période de passage (ta, tb, etc.), de la distance par rapport au cours d'eau (A1 à A5) et la position, rive droite (D) ou rive gauche (G), pour les besoins du logiciel utilisé. Par exemple, pour le relevé n°1 à Dapélogo, en avril 2004, sur la rive gauche, nous aurons : DtaA1G où, *D* désigne Dapélogo, *ta* désigne avril 2004, *A1*, le premier plateau (1 à 10 m du cours d'eau) et *G*, la rive gauche.

III.2.2.2. Suivi de l'inondation

La superficie inondée, de même que la durée et hauteur de la lame d'eau, sont des facteurs importants à surveiller car ils déterminent le type de végétation qu'on pourrait trouver et qu'il s'agira de gérer. De chaque côté de la rive, sur une distance de 50 m, des piquets en bois d'un mètre de hauteur ont été gradués de 5 cm en 5 cm et implantés tous les 5 m (Figure 38). Ce dispositif permet de mesurer la limite de l'inondation par rapport au lit du cours d'eau et la hauteur de la lame d'eau. Un relevé journalier a été fait pendant les mois de juillet, août et septembre, correspondant à la période pluvieuse. En fin septembre, nous avons parcouru le

Massili, depuis Kouï jusqu'à la jonction du Massili d'avec le Nakanbé afin de prendre les limites de l'inondation, au GPS, nous permettant de réaliser la carte y afférente.

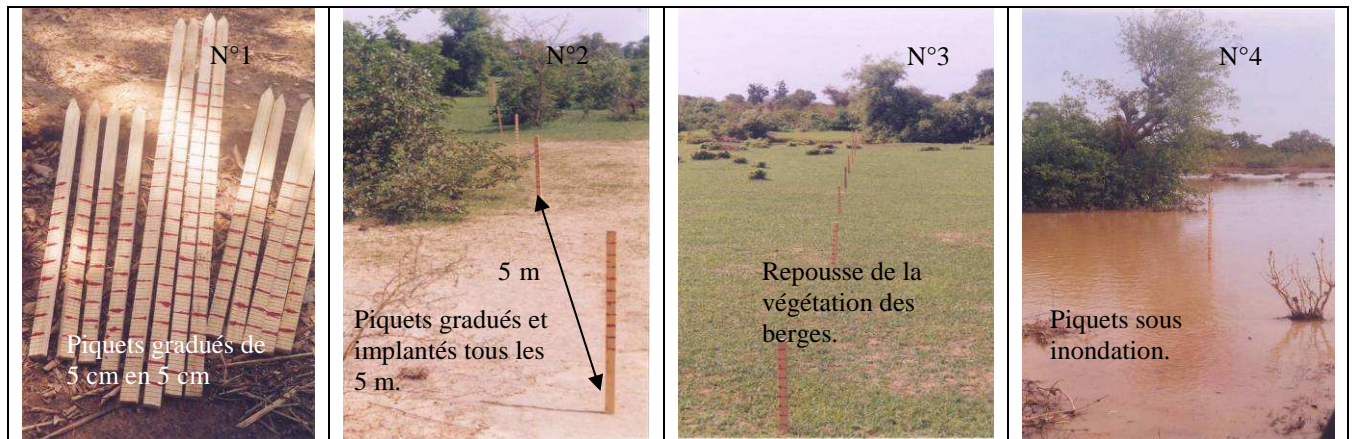


Figure 38 : Matériel et dispositif pour le suivi de l'inondation.

III.2.2.3. Interaction : régime fluvial, végétation des berges et comportement des poissons

Interaction régime fluvial/végétation des berges

Les relevés floristiques nous ont permis d'évaluer le nombre des espèces rencontrées au niveau de chaque site afin d'estimer leur richesse en terme de biodiversité. A l'aide des mêmes relevés floristiques, nous avons retenus cinq espèces herbacées hygrophytes sur la base de critères tels que : la présence de ces espèces sur les cinq sites de suivi avec un seuil de représentativité supérieur à 70% (présence de l'espèce sur au moins quatre des cinq sites), utilité de l'hygrophyte sur le plan alimentaire, fourrager et medical pour la population riveraine. Le logiciel JM7 a été utilisé pour analyser l'interaction entre la fréquence de ces cinq espèces (le nombre de fois que l'espèce est rencontrée sur le site) et la durée ainsi que la hauteur de la lame d'eau mesurées sur le terrain.

Interaction régime fluvial, végétation des berges et espèces de poissons

Le contexte climatique de la zone soudano-sahélienne conditionne la biologie des organismes qui y vivent. Les principaux facteurs entrant en jeu sont l'existence de saisons bien marquées avec une forte amplitude entre saison chaude et saison froide (écart thermique de 10 à 15°C); un régime hydrologique de type tropical pur avec une crue fluviale forte et bien marquée ; une pente générale des fleuves très faible entraînant l'existence de très vastes zones d'inondation pendant la crue. D'où deux conséquences essentielles : fortes variations de débit entre l'étiage et les hautes eaux d'une part; vastes inondations saisonnières des zones adjacentes.

Afin d'évaluer l'interaction entre le régime fluvial, la végétation des berges et le comportement des poissons, nous nous sommes basée sur une revue bibliographique (Daget et Durand, 1981 ; Paugy et *al.*, 1994 ; Baijot et *al.*, 1994 ; Zerbo, 1998 ; Oueda, 2009) et les enquêtes socioéconomiques (Chapitre II). Cette revue bibliographique, traitant de l'écologie des poissons, de la représentativité des espèces au niveau des plans d'eau du Nakanbé, de leur régime alimentaire, leur importance sur le plan commercial nous a permis de recenser les espèces de poissons susceptibles d'interagir avec les phases d'inondation et d'exondation ainsi qu'avec la végétation des berges.

III.2.3. Analyse des données de la végétation et de l'inondation

Le logiciel PC-ORD version 5.0 a été utilisé pour l'analyse des données de la végétation. Dans cette analyse intervient le site d'étude, la date de passage, la distance au cours d'eau et la position rive droite ou rive gauche (cf. tableau 6). Une matrice principale de 580 relevés a été croisée avec une matrice secondaire de 28 critères d'analyse tels le site d'étude, la date de passage, la distance au cours d'eau, la position rive droite ou rive gauche, la position amont-aval des barrages sur le Massili ou le Nakanbé (cf. tableau 6).

Le logiciel ArcView GIS 3.2 a permis de réaliser la carte d'inondation pour le Massili et enfin, le logiciel GLM (JMP 7) pour évaluer l'interaction entre l'inondation (limite, durée et hauteur de la lame d'eau) et la présence de certaines espèces végétales.

Choix de la méthode :

Nous nous sommes intéressée à la présence (1) ou absence (0) de la végétation des berges (ligneux et herbacées) à un moment donné sur le site. Aussi nous avons à faire à des variables binaires (1,0) qui sont très utiles dans le cas des études à grande échelle, comme c'est le cas dans notre zone étude. Nous avons retenu d'utiliser deux méthodes: la classification hiérarchique et l'ordination pour l'analyse de nos variables.

La classification hiérarchique

Les techniques de classification hiérarchique ou cluster analysis (Chatfield & Collins, 1980; Everitt et *al.*, 1997; Der et *al.*, 2001 ; Jajuga et *al.*, 2002; Lebart et *al.*, 2002; McCune et *al.*, 2002, Nakache et *al.*, 2005) consistent le plus souvent à regrouper des objets ou des individus décrits par un certain nombre de variables ou de caractères. Cette méthode permet de faire ressortir la similitude ou la dissemblance entre les relevés floristiques en se fondant sur leur niveau de ressemblance floristique.

Le terme *cluster analysis*, utilisé pour la première fois par Tryon, (1939), englobe un certain nombre de différents algorithmes et des méthodes de regroupement des objets de même nature dans des catégories. Nous avons utilisé la distance euclidienne et la méthode Ward. La distance euclidienne, la plus couramment choisie, est la distance géométrique dans l'espace multidimensionnel. La méthode de Ward emploie une analyse de la variance approche pour évaluer les distances entre les grappes. Elle est considérée comme très efficace, toutefois, elle a tendance à créer des groupes de petite taille. L'avantage de la classification hiérarchique est qu'elle fournit un moyen naturel de choisir plusieurs tailles d'échantillons de sorte que l'on peut concevoir différents scénarios de manière objective.

Suite à cette classification hiérarchique, nous avons utilisé la méthode « Indicator Species Analysis » ou ISA (Dufrêne & Legendre, 1997) pour rechercher les espèces caractéristiques de chaque groupe. Le principe de la méthode ISA repose sur la définition du caractère indicateur d'une espèce : une espèce est considérée comme indicatrice si elle est typique d'un groupe de relevés (elle est absente des autres groupes) et si elle est présente dans tous les relevés de ce groupe. La valeur indicatrice d'une espèce varie de 0 (pas d'indication) à 100 (parfaite indication).

L'ordination

Comme souvent les variables écologiques sont corrélées les unes aux autres, il est indispensable de résumer l'information qu'elles peuvent apporter en unités d'informations indépendantes. On utilise l'ordination qui extrait d'un jeu de données, quelques axes principaux (gradients de diversité) indépendants de manière à en synthétiser l'information (Whitehead et *al.*, 1992 ; Legendre et *al.*, 1998, McCune et *al.*, 2002). L'objectif de l'ordination est d'ordonner des objets les uns par rapport aux autres de manière à éloigner les objets les plus différents en essayant de limiter le nombre de variables nécessaires. L'ordination est ainsi utilisée en écologie pour rechercher et décrire les différentes tendances.

Parmi les différentes techniques d'ordination disponibles, nous avons choisi le Non – Metric Multidimensional Scaling (NMS) car convenant mieux aux variables binaires. En effet, développé dans les années 1960 (Shepard, 1962 ; Kruskal, 1964 ; Kruskal et Wish, 1978), le NMS est de plus en plus utilisé en écologie et apparaît comme la méthode la plus défendable lors des revues par les pairs. Généralement, comme le stipulent, McCune et *al.* (2002), le NMS est la méthode d'ordination la plus efficace pour des données écologiques et devrait être la méthode de choix, à moins qu'un but analytique spécifique exige une autre méthode. Il se base sur des distances rangées ce qui augmente sa capacité à faire ressortir des

informations dans des relations non linéaire. Par souci de comparaison, nous avons aussi choisi la méthode Ward et la distance euclidienne.

La représentation des résultats issus d'ordination nous impose de choisir une dimension appropriée. En effet, pour une dimension donnée, la solution pour un axe particulier, est unique. L'analyse effectuée sur nos données, nous permet de retenir la dimension 2 (2-D) pour la représentation de nos résultats. Selon McCune et *al.*, (2002), lorsque la réduction du stress est inférieure à 5% lors du passage de la dimension 2 (2-D) à la dimension 3 (3-D), il n'est pas nécessaire de passer à la dimension supérieure (Figure 39).

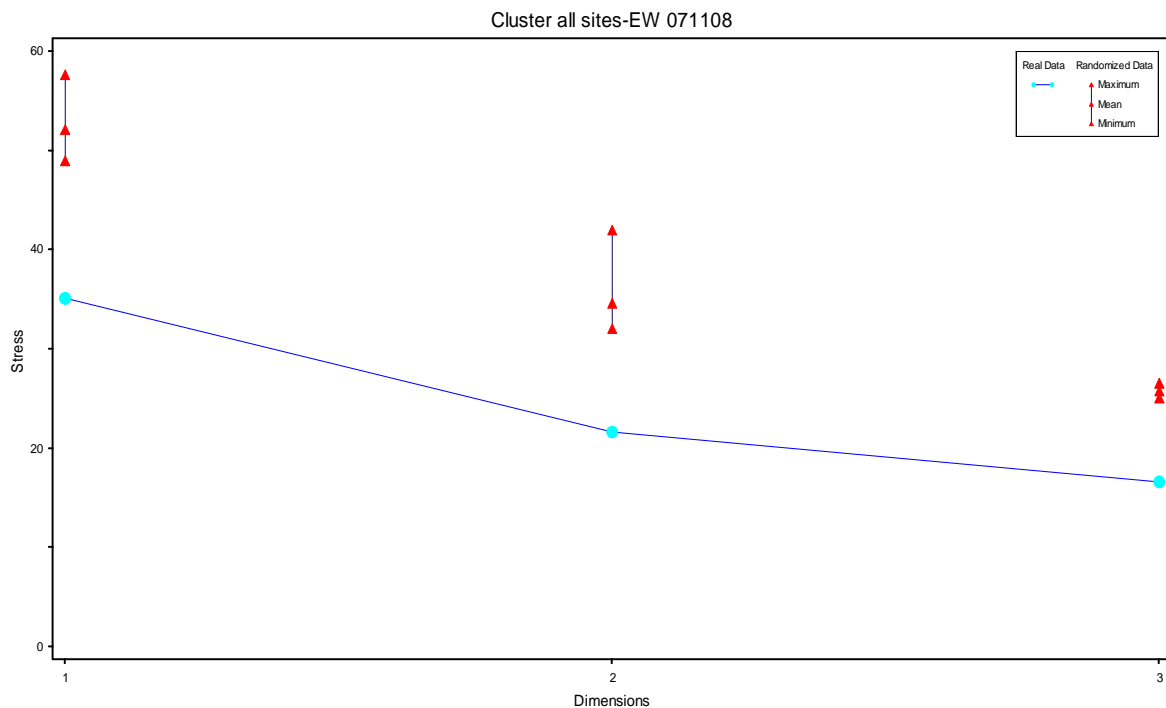


Figure 39 : Identification et choix de la dimension de représentation des résultats floristiques

Recherche des valeurs aberrantes

Une valeur aberrante est une observation qui dévie tellement d'autres observations qu'elle éveille le soupçon d'avoir été produit par un mécanisme différent (Hawkins, 1980). L'existence des valeurs aberrantes peut indiquer les individus ou les groupes qui ont un comportement très différent de la plupart des individus de l'ensemble de données. Ces valeurs ont un impact très important sur les solutions (ensemble de coefficients). Il est d'autant plus important de les identifier et d'agir en conséquence (transformer la variable ou retirer les cas de l'analyse). Nous avons trouvé très peu de valeurs aberrantes; leur retrait ou conservation n'influencerait pas outre mesure les résultats des analyses, nous avons opté pour leur conservation.

Signification statistique des résultats obtenus

Le test de Monte Carlo a été utilisé pour évaluer la signification statistique des résultats des analyses floristiques. Nous avons retenu un seuil de signification, $p \leq 0,001$.

III.3. RESULTATS

III.3.1. Analyse floristique

Les différents relevés floristiques nous donnent 124 espèces réparties dans 40 familles (annexe 2). Les Poaceae (18%) sont les plus abondantes, suivies par les Fabaceae (11%), les Rubiaceae (7%), les Mimosaceae (5%), les Asteraceae, les Caesalpiniaceae et les Malvaceae (4%).

En examinant les relevés floristiques, nous notons une répartition amont-aval pour certaines espèces le long des cours d'eau, depuis Dapélogo, Gampéla, Ziga-amont, Kougri et Zékézé. Certaines ont une préférence pour la zone aval (*Crateva adansonii*, *Mimosa pigra*, *Ziziphus spina christi*) et d'autres pour la zone amont (*Daniellia oliveri*, *Moghania faginea*). Nous pouvons aussi distinguer une formation ripicole assez importante dont les éléments remarquables sont *Crateva adansonii*, *Mitragyna inermis*, *Daniellia oliveri*, *Moghania faginea*, *Ziziphus spina-christi*, *Dyschorite perrottetti*, *Glinus lotoides*.

Le suivi mensuel des différents sites à différentes périodes de l'année (janvier à juin, puis d'octobre à décembre) et sur deux ans et demi, nous permet également d'appréhender l'apparition et la disparition des espèces en fonction de l'humidité sur les cinq sites. La plupart des ligneux ne suivant pas cette variation s'il n'y a pas une intervention externe (coupe de bois, déboisement), ce sont surtout les herbacées qui illustrent cet état de fait. Il existe des espèces qui apparaissent avec les premières pluies (*Melochia corchorifolia*, *Ipomoea aquatica*), celles qui demandent une immersion prolongée de graines et enfin celles qui interviennent quand les terrains, restés longtemps inondés, exondent (*Glinus lotoides*). Ces résultats corroborent ceux de Lamizana-Diallo (2005). En effet, les espèces rencontrées pendant la période sèche (janvier à mai) sont : *Dicliptera verticillata*, *Glinus lotoides*, *Ipomoea eriocarpa*, *Hygrophila auriculata*, *Hyptis spicigera*, *Nelsonia canescens*, *Panicum anabaptistum* et *Laggera oloptera*. En début d'hivernage (juin), nous avons, hormis les pérennes, *Borreria stachydea*, *Stylochyton lancifolius*, *Cyperus esculentus*, *Crinum ornatum*, *Corchorus fascicularis*, *Corchorus olitorius*, *Melochia corchorifolia*, *Brachiaria brizantha*, *Ipomoea aquatica*, *Triumfetta rhomboidea*, *Paspalum orbiculare*.

En octobre, la présence des espèces est à l'optimum. Les espèces hivernales sont encore présentes, certaines commencent à disparaître et d'autres à réapparaître : les herbacées se

desséchant très rapidement. Au fur et à mesure que l'eau se retire, l'espace dénudé se montre plus ou moins favorable au développement d'une végétation adaptée à ces nouvelles conditions d'exondation. A partir de novembre, c'est surtout la repousse des hygrophytes : *Nelsonia canescens*, *Dicliptera verticillata*, *Paspalum orbiculare*, *Hyptis spicigera*, *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea eriocarpa*. Les espèces transgressives, rarement atteintes par les inondations telles que *Lannea microcarpa*, *Combretum glutinosum*, *Zornia glochidiata* nous ont servi pour déterminer plus ou moins la limite de l'inondation. Nous avons essayé d'approfondir ces premiers constats et vérifier la similitude ou dissemblance entre les différents sites en fonction de leur position géographique sur les cours d'eau et éventuellement la répartition amont aval des espèces, en effectuant une classification hiérarchique des relevés.

III.3.1.1. Résultats de la classification hiérarchique des relevés

Les résultats de la classification hiérarchique des 580 relevés ont permis de mettre en évidence leur répartition spatiale. La représentation en dendrogramme pour un si grand nombre de relevés ne fait pas ressortir clairement les groupes, aussi, avons nous utilisé la méthode d'identification des groupements (Figure 40) pour déterminer les assemblages possibles. Sur cette base, nous obtenons un nombre des indicateurs significatifs élevé, environ 77% des espèces (96 espèces pour 5 groupes et 98 espèces pour 19 groupes). Nous avons opté pour des groupements de plus grande taille, en retenant 5 groupes.

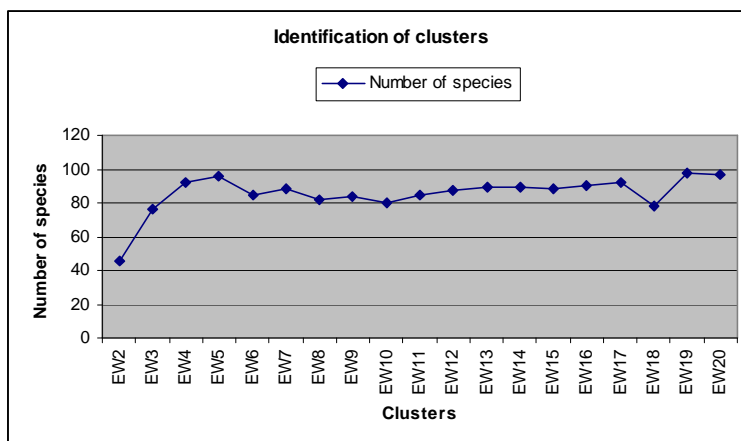


Figure 40 : Détermination du nombre de groupes de relevés

La méthode « Indicator Species Analysis », avec une valeur de $p \leq 0,001$, a été utilisée pour déterminer les valeurs indicatrices des espèces dans chaque groupe (Annexe 3). Nous obtenons ainsi les espèces indicatrices pour chaque groupe identifié (tableau 7). La liste des espèces et la codification utilisée figure en annexe 4.

Tableau 7: Indicator Values (% of perfect indication, based on combining the above values for relative abundance and relative frequency)

Column	Group								
	Identifier:			1	2	3	4	5	p-value
	Avg	Max	MaxGrp	160	160	65	130	65	
1 Brabry	3	11	1	11	1	0	1	0	0.0006
2 Corfas	6	20	1	20	3	0	8	0	0.0002
3 Dysper	2	12	1	12 ⁵	0	0	0	0	0.0002
4 Hygaur	2	10	1	10	0	0	0	0	0.0002
5 Ipoeri	4	13	1	13	0	0	3	5	0.0002
6 Mitine	14	34	1	34	7	22	4	0	0.0002
7 Secvir	3	13	1	13	3	0	0	0	0.0002
8 Stylan	2	9	1	9	0	0	0	0	0.0002
1 Acasey	3	17	2	0	17	0	0	0	0.0002
2 Acasie	3	11	2	0	11	0	3	0	0.0006
3 Acahis	3	14	2	0	14	0	0	0	0.0002
4 Aesind	2	10	2	1	10	0	0	0	0.0002
5 Alyglu	2	10	2	0	10	0	0	0	0.0002
6 Anoleo	2	10	2	0	10	0	0	0	0.0002
7 Azaind	2	7	2	0	7	0	1	0	0.0012
8 Comacu	5	27	2	0	27	0	0	0	0.0002
9 Commic	6	30	2	0	30	0	0	0	0.0002
10 Croret	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0002
11 Danoli	3	16	2	0	16	0	0	0	0.0002
12 Diomes	8	37	2	0	37	0	2	0	0.0002
13 Evoals	3	16	2	0	16	0	0	0	0.0002
14 Ferapo	4	22	2	0	22	0	0	0	0.0002
15 Garter	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0010
16 Gremol	1	5	2	0	5	0	0	0	0.0012
17 Guisen	6	30	2	2	30	0	0	0	0.0002
18 Hypspi	7	32	2	0	32	0	4	0	0.0002
19 Indtin	3	17	2	0	17	0	0	0	0.0002
20 Micind	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0006
21 Mogfag	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0010
22 Nelcan	9	45	2	0	45	0	0	0	0.0002
23 Orybar	4	15	2	0	15	1	6	0	0.0002
24 Panlae	2	7	2	1	7	0	0	0	0.0006
25 Pasorb	4	12	2	2	12	0	2	5	0.0012
26 Pilret	9	42	2	1	42	0	0	0	0.0002
27 Lagolo	7	33	2	0	33	0	0	0	0.0002
28 Sidalb	3	13	2	0	13	0	0	0	0.0002
29 Sidrom	2	10	2	0	10	0	0	2	0.0002
30 Sidure	3	13	2	0	13	0	0	0	0.0002
31 Spopyr	4	18	2	1	18	0	0	0	0.0002
32 Tepped	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0004
33 Urapic	2	12	2	0	12	0	0	0	0.0002
34 Vitpar	2	10	2	0	10	0	0	0	0.0002
35 Walind	4	19	2	0	19	0	0	0	0.0002
36 Wisamp	2	11	2	0	11	0	0	0	0.0002
37 Zizmau	2	10	2	0	10	0	0	0	0.0002
38 Zizmic	2	11	2	0	11	0	0	0	0.0002
39 Zorglo	3	12	2	0	12	0	0	0	0.0002
1 Amasen	4	11	3	0	0	11	8	0	0.0002
2 Bluaur	1	5	3	0	0	5	0	0	0.0012
3 Tacapi	12	36	3	0	0	36	24	0	0.0002
1 Acanil	2	10	4	0	0	0	10	0	0.0002
2 Craada	2	8	4	0	0	0	8	0	0.0002
3 Cypesc	6	17	4	0	5	5	17	3	0.0002
4 Eclpro	3	16	4	0	0	0	16	0	0.0002
5 Glilot	10	35	4	0	0	14	35	0	0.0002

⁵ Les valeurs surlignées indiquent les espèces spécifiques au groupe.

6	Helind	6	22	4	0	0	7	22	0	0.0002
7	Ipoaqu	3	11	4	0	5	0	11	0	0.0002
8	Panana	5	14	4	11	1	0	14	0	0.0004
9	Vetnig	13	31	4	17	0	17	31	2	0.0002
10	zizspi	5	20	4	7	0	0	20	0	0.0002
1	Achasp	4	18	5	1	1	0	0	18	0.0002
2	Bohdif	4	20	5	0	0	0	0	20	0.0002
3	Bralat	4	21	5	0	0	0	0	21	0.0002
4	Castor	7	27	5	1	7	0	0	27	0.0002
5	Clevis	1	6	5	0	0	0	0	6	0.0002
6	Coroli	3	13	5	1	0	0	0	13	0.0002
7	Cucmul	2	9	5	0	0	0	0	9	0.0002
8	Dighor	1	6	5	0	0	0	0	6	0.0004
9	Echpyr	4	15	5	0	0	0	2	15	0.0002
10	Hypruf	4	19	5	0	0	0	0	19	0.0002
11	Ipoarg	2	8	5	0	0	0	0	8	0.0002
12	Lufcyl	20	100	5	0	0	0	0	100	0.0002
13	Mimpig	9	37	5	3	0	0	4	37	0.0002
14	Phying	1	6	5	0	0	0	0	6	0.0006
15	Polsen	4	20	5	0	0	0	0	20	0.0002
16	Rotexa	2	12	5	0	0	0	0	12	0.0002

Nous obtenons ainsi cinq groupements correspondant aux cinq sites de suivi floristiques. Le groupe 1, correspondant au site de Gampéla situé à l'aval du barrage de Loumbila, est caractérisé par *Dyschorite perrottetti*, *Hygrophila auriculata* et *Stylochiton lancifolius*. Les espèces telles que, *Acacia seyal*, *Acanthospermum hispidum*, *Alysicarpus glumaceus*, *Anogeissus leocarpus*, *Combretum aculeatum*, *Combretum micranthum*, *Crotalaria retusa*, *Daniellia oliveri*, *Evolvulus alsinoides*, *Feretia apodanthera*, *Gardenia ternifolia*, *Grewia mollis*, *Indigofera tinctoria*, *Microchloa indica*, *Moghania faginea*, *Nelsonia canescens*, *Laggera oloptera*, *Sida alba*, *Sida urens*, *Tephrosia pedicellata*, *Uraria picta*, *Vitellaria paradoxa*, *Walteria indica*, *Wissadula amplissima*, *Ziziphus mauritiana*, *Ziziphus mucronata*, *Zornia glochidiata*, caractérisent le groupe 2, ou le site de Dapélogo à l'amont du barrage de Loumbila. L'espèce *Blumea aurita* est celle qui caractérise le groupe 3 (Ziga-amont). Au niveau du groupe 4 (site de Kougri), nous notons les espèces caractéristiques suivantes : *Acacia nilotica*, *Crateva adansonii*, *Eclipta prostata*, *Ipomoea aquatica*, *Ziziphus spina-christi*. Le groupe 5 correspond au site de Zékézé et se distingue par *Boerhaavia diffusa*, *Brachiaria lata*, *Cleome viscosa*, *Cucumis metiliferus*, *Digitaria horizontalis*, *Hypparrhenia rufa*, *Ipomoea argentaureata*, *Luffa cylindrica*, *Physalis angulata*, *Polygonum senegalensis* et *Rotboellia exaltata*.

Les dendrogrammes (figures 41 et 42) mettent en évidence une répartition longitudinale des relevés suivant la position à l'amont ou à l'aval ainsi qu'une différenciation rive droite (D), rive gauche (G), au niveau des cours d'eau. Une analyse plus approfondie de chaque site, nous permet de montrer une répartition des relevés suivant la distance par rapport au cours d'eau (A1, A2, A3, A4 et A5). La comparaison entre sites sur le même cours d'eau

montre donc une répartition spatiale des relevés suivant un sens longitudinal et un sens transversal. Par exemple, la figure 41 met clairement en évidence une répartition des relevés suivant leur appartenance au site situé à l'amont (cas de Ziga) ou à celui situé à l'aval (Zékézé). La figure 42, quant à elle, montre une répartition transversale des relevés au niveau du site de Dapélogo, suivant la rive droite ou la rive gauche et la distance au cours d'eau.

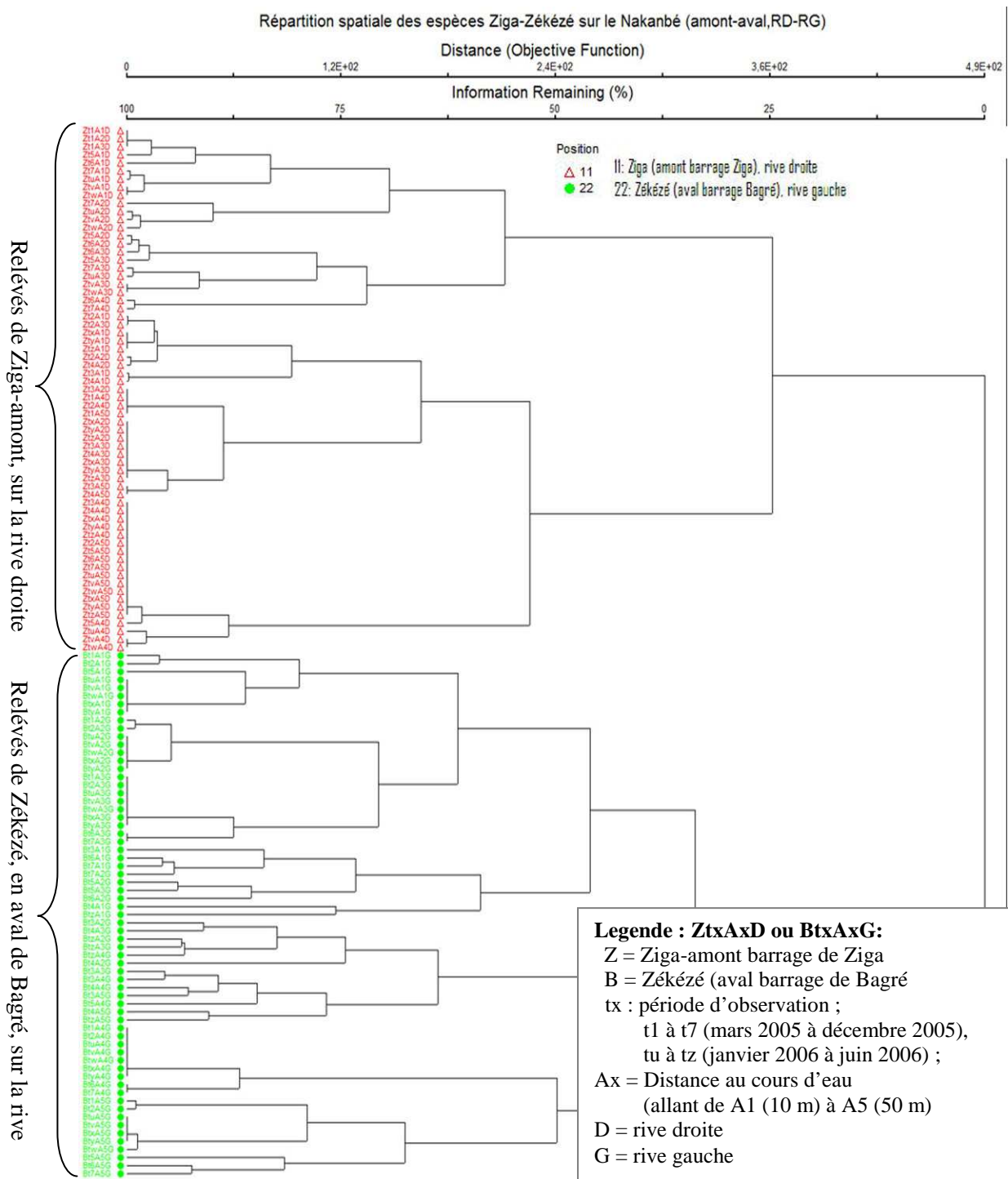


Figure 41 : Répartition des relevés du site de Ziga-amont et de Zékézé sur le Nakanbé.

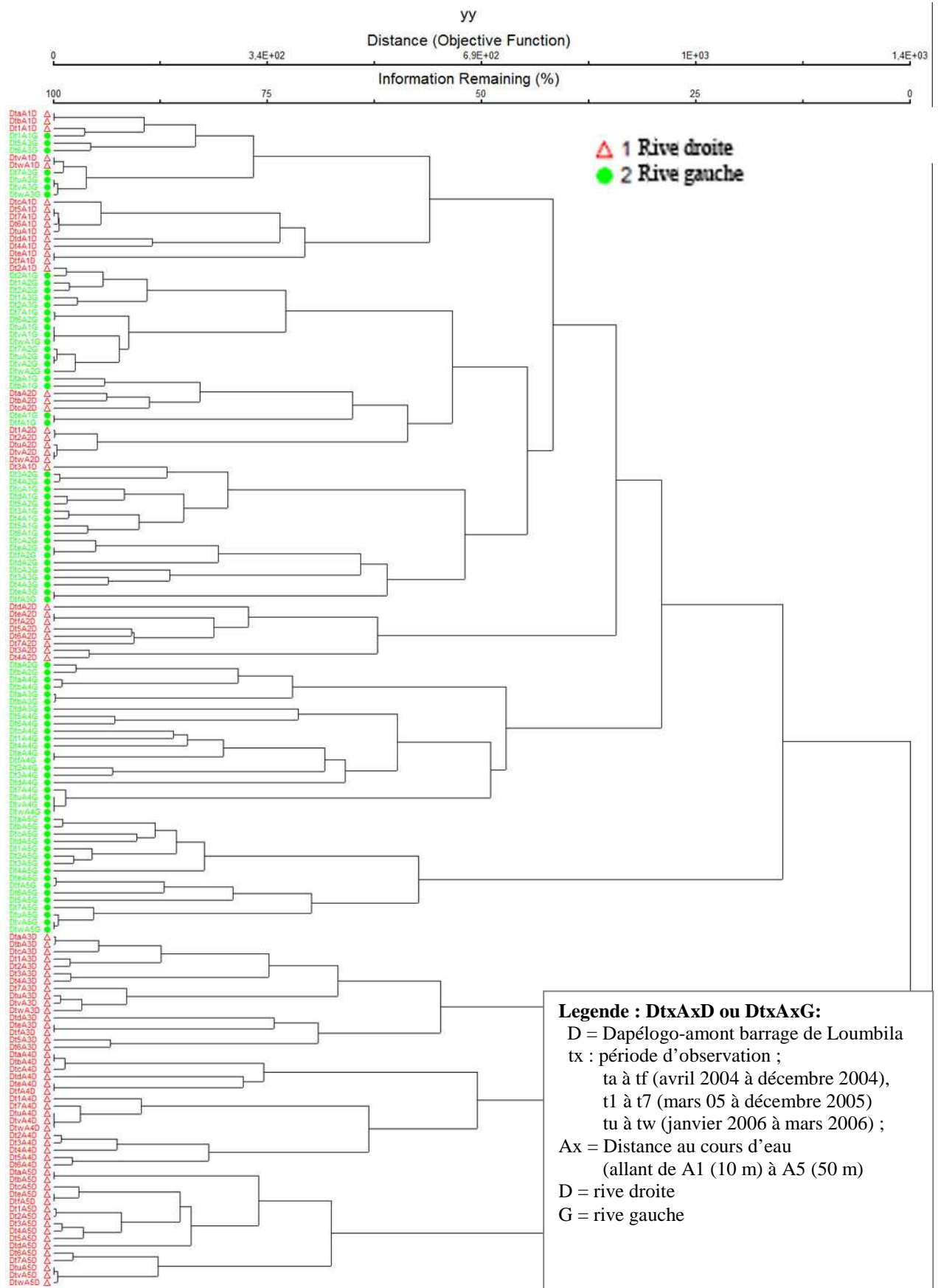


Figure 42 : Répartition des relévés du site de Dapélogo suivant leur position en rive droite ou gauche et la distance au cours d'eau.

III.3.1.2. Résultats de l'ordination des relevés

*Comparaison entre les cours d'eau

Les résultats de l'ordination montrent également une distinction nette entre les deux cours d'eau: le Massili se distingue nettement du cours d'eau principal, le Nakanbé. Il y a également une distinction entre les cinq sites, avec toujours Dapélogo et Gampéla, sur le Massili, d'un côté, et les trois autres sites sur le Nakanbé, de l'autre (figure 43).

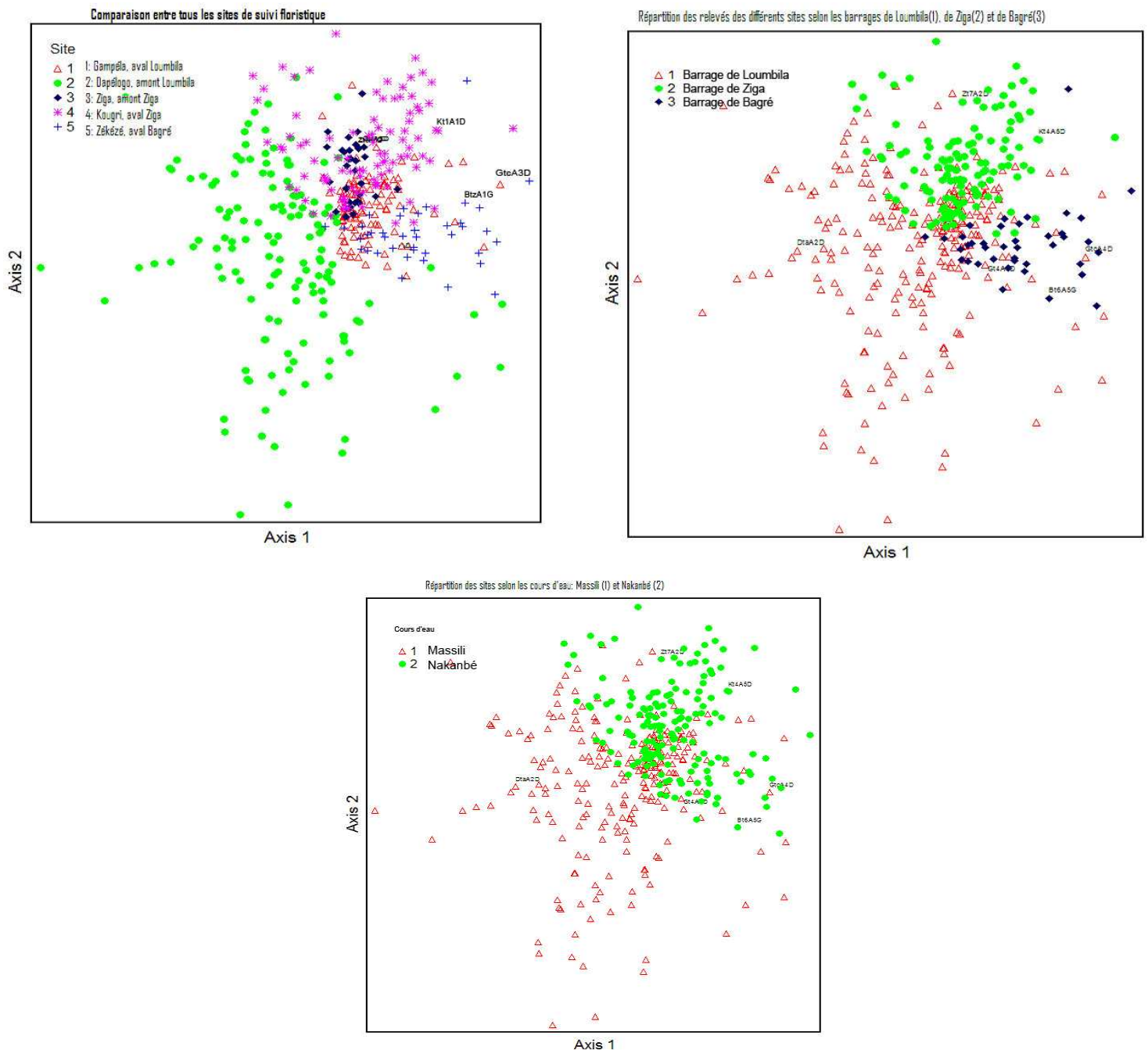


Figure 43: Répartition des relevés selon les cours d'eau Massili (en rouge) et Nakanbé (en vert).

La comparaison entre le site de Dapélogo et celui de Gampéla montre une distinction claire entre les relevés issus de Dapélogo et ceux provenant de Gampéla (figure 44). Le site à l'amont étant plus hétérogène et le site à l'aval montrant une certaine homogénéité. La comparaison entre les trois sites au niveau du Nakanbé, Ziga, Kougri et Zékézé présente également une certaine distinction (figure 45). Elle est cependant plus nette entre Kougri/Zékézé et Ziga/Zékézé. Cette distinction n'est pas nette entre Ziga et Kougri : le site de Ziga se concentrant au milieu, entouré par les relevés de Kougri (Figure 46).

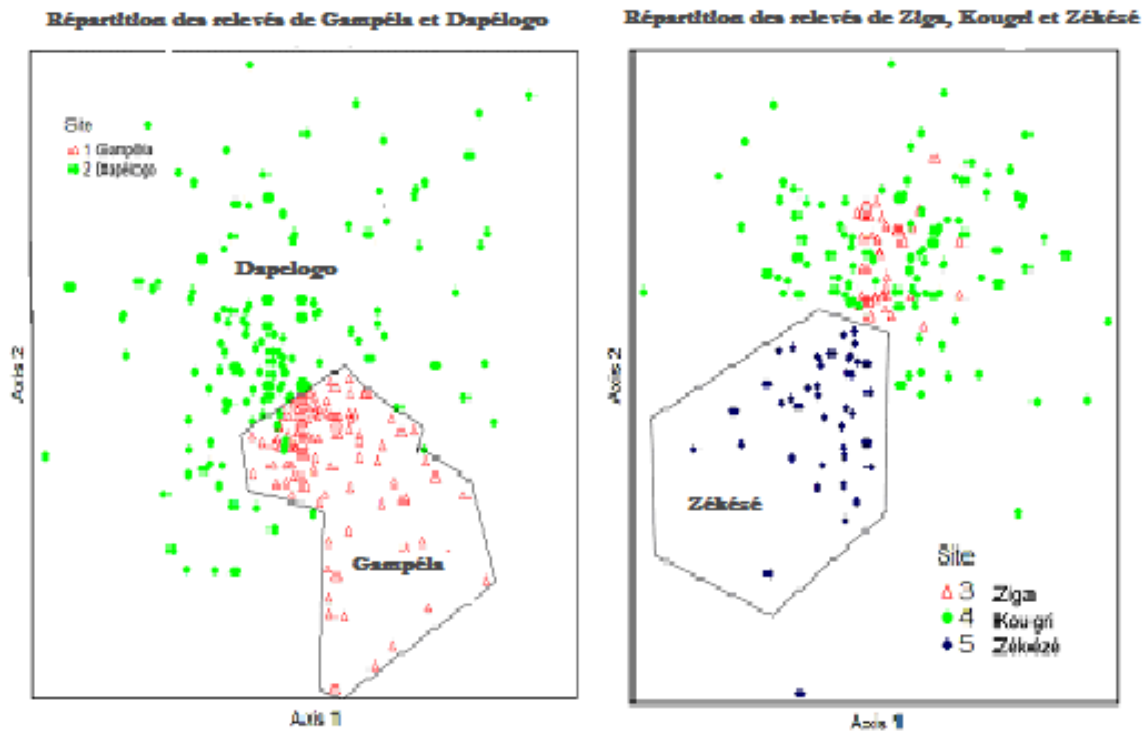


Figure 44: Répartition des relevés des sites suivant leur position en amont et en aval

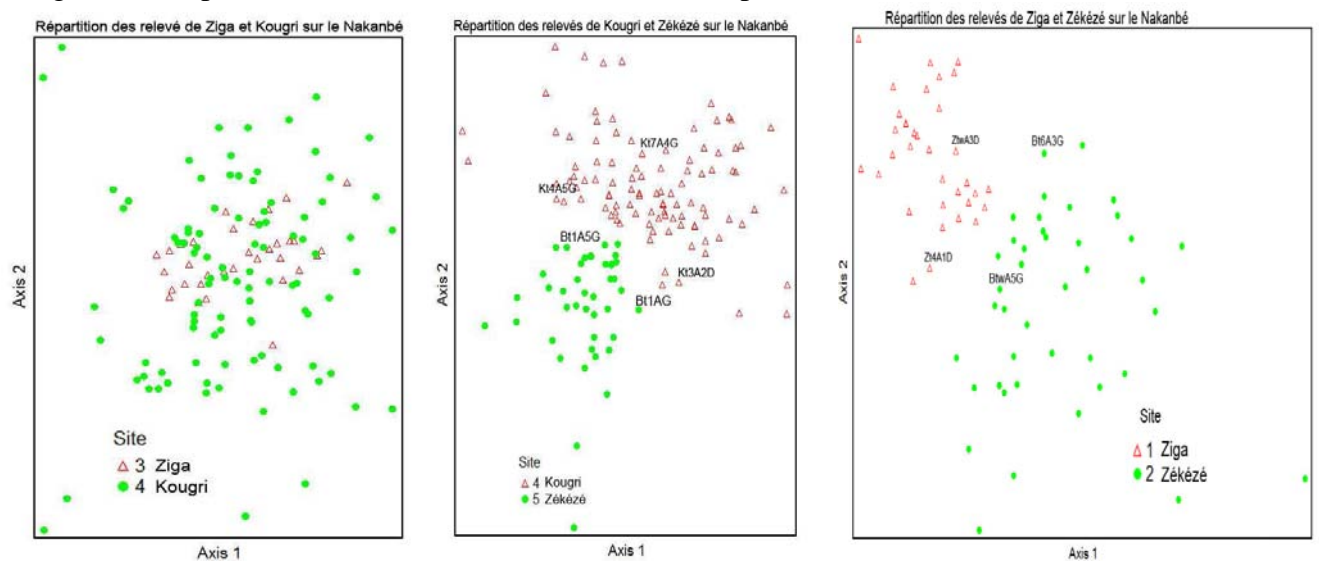


Figure 45 : Répartition des relevés sur le Nakanbé en fonction de leur position par rapport au cours d'eau

La figure 46 montre une distinction nette entre la rive droite et la rive gauche au niveau de Dapélogo et de Gampéla. Cette différence n'est cependant pas notable au niveau de Kougri (Figure 46). Il faut noter qu' hormis l'exploitation du sable au niveau de Kougri, il n'y a pas d'activité humaine au niveau des deux rives. Les différences floristiques entre les deux rives pourraient s'expliquer soit par la topographie des rives entraînant une limite et durée de l'inondation différente, soit par la présence d'activités anthropiques perturbatrices.

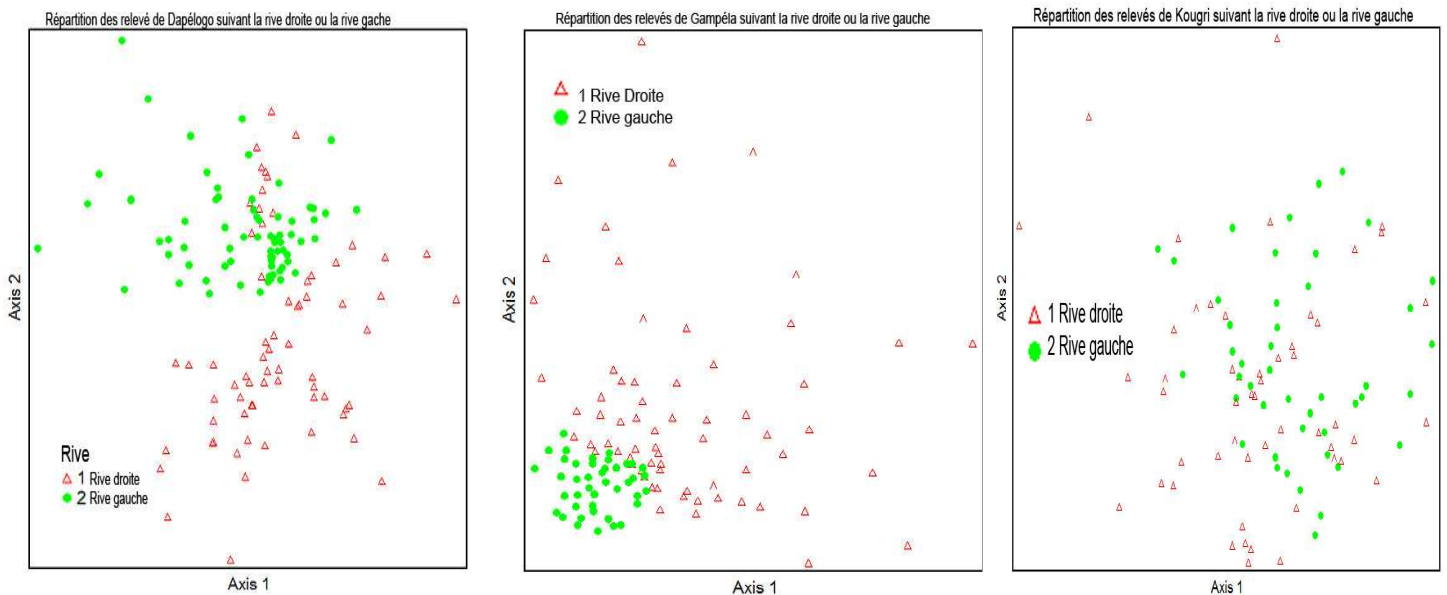


Figure 46: Répartition des relevés suivant la rive droite ou la rive gauche du cours d'eau

III.3.2. Suivi de l'inondation

Les coordonnées géographiques des piquets relevés sur le terrain ont permis de matérialiser les limites de l'inondation sur la carte topographique pour l'élaboration d'une carte d'inondation (Figure 47). La durée de l'inondation n'est pas étendue, c'est seulement aux abords du lit mineur qu'elle peut aller jusqu'à 3 mois. La hauteur de la lame d'eau décroît du bord du lit vers les extrémités (170 cm à moins de 5 cm). A Dapélogo, la lame d'eau a été stagnante du fait des travaux pour le bitumage de la route reliant Ouagadougou à Kongoussi.

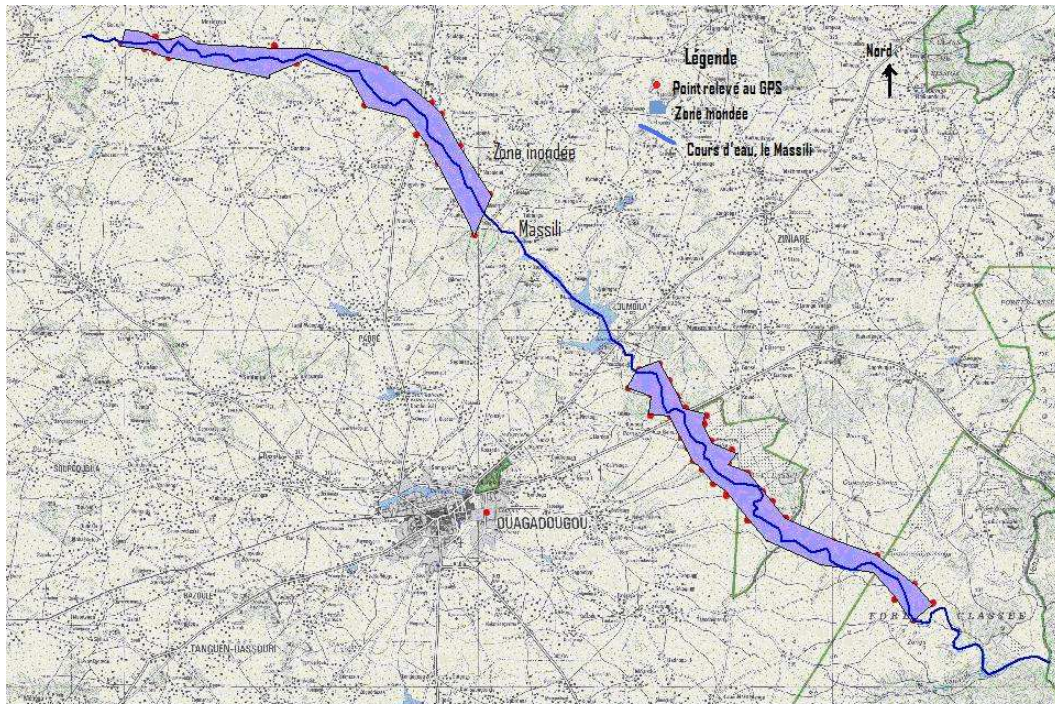


Figure 47 : Carte d'inondation du Massili, réalisée d'après les relevés de terrain (juillet-septembre 2006), sur fonds topographique de la feuille de Ouagadougou (1/100 000).

Le débordement dépend d'une part de la largeur et de la profondeur du lit mineur et d'autre part de la pente du terrain adjacent. La largeur du lit mineur varie de 5 m (Koui) à 70 m (Dapélogo). Les pentes des différentes rives sont très faibles de 0.01% à 0.85% pour toutes les stations. Le tarissement de certaines parties du lit du Massili est effectif dès la fin des pluies (octobre). Il existe aussi une corrélation forte à très forte entre la limite de l'inondation et la hauteur de la lame d'eau. En effet, le coefficient de corrélation est de 0,52 sur la rive droite et de 0,93 sur la rive gauche. Cette différence de coefficient de corrélation entre les deux rives pourrait s'expliquer par la topographie des rives ou le recouvrement végétatif. Ces deux facteurs jouent un rôle important dans la dynamique de la végétation des berges.

III.3.3. Interaction régime fluvial/végétation des berges

L'analyse des données floristiques (annexe 5) montre la variation de la diversité biologique au niveau des sites. Ainsi sur le site de Dapélogo, 93 espèces végétales sont dénombrées, contre 45 pour Gampéla et Kougri, 38 pour Zékézé et 17 pour le site de Ziga-amont. Cette diversité biologique est expliquée plus par la hauteur de la lame ($R^2 = 95,7\%$, $p = 0,0426$) que par la durée de l'inondation (Figure 48).

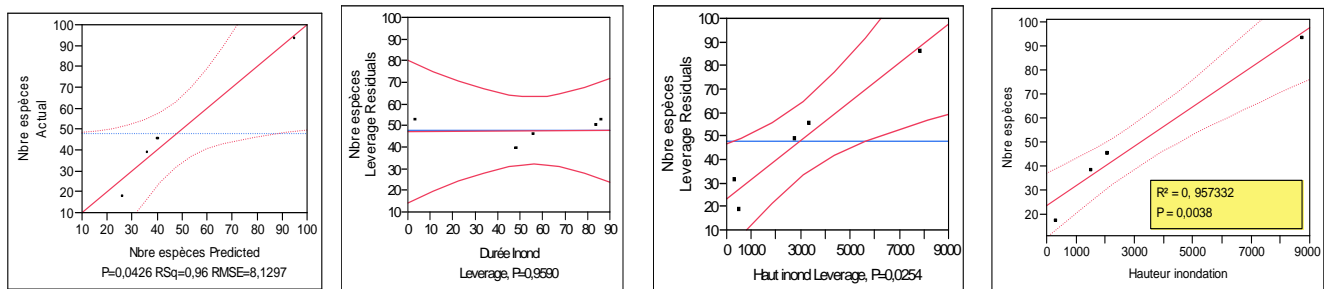


Figure 48: Nombre des espèces au niveau des cinq sites en fonction de l'inondation (durée et hauteur d'eau)

La fréquence des cinq espèces retenues (*Paspalum orbiculare*, *Oryza barthii*, *Cyperus esculentus*, *Hyptis spicigera* et *Vetiveria nigrinata*) s'explique aussi par la hauteur de la lame d'eau. En effet, les cinq espèces ont une réponse différente par rapport à la durée de l'inondation et à la hauteur de la lame d'eau, cette dernière ayant plus d'impact sur la végétation (Tableau 8 et 9).

Tableau 8 : Fréquence des espèces au niveau des sites d'études

Site	<i>Vetiveria nigrinata</i>	<i>Hyptis spicigera</i>	<i>Cyperus esculentus</i>	<i>Oryza barthii</i>	<i>Paspalum orbiculare</i>
Gampéla	93	7	7	3	21
Dapélogo	17	78	37	43	48
Ziga	42	3	15	4	0
Kougri	113	22	58	23	18
Zékézé	14	0	13	0	13

Tableau 9 : Réponse des espèces en fonction de l'inondation (durée, nature et hauteur)

Espèces	Durée de l'inondation /jrs (selon données terrain)	Hauteur de la lame d'eau (cm) –selon données terrain	Nature de la crue	Réponse des espèces/inondation			
				R ² (%)	p	p (durée)	p (hauteur)
<i>Paspalum orbiculare</i>	7 (Moins de 7)	5	intermittente	93,8	0,0616	0,7510	0,0394
<i>Oryza barthii</i>	90 (60 à 90)	170	moyenne	86,2	0,1377	0,5081	0,0737
<i>Cyperus esculentus</i>	90 (60 à 90)	170	moyenne	48,1	0,5184	0,3626	0,3814
<i>Hyptis spicigera</i>	30 (Moins de 30)	50	intermittente	95,4	0,0457	0,6623	0,0259
<i>Vetiveria nigrinata</i>	60 (Moins de 60)	90	marginal	16,8	0,8318	0,7732	0,5927

III.3.4. Interaction régime fluvial, végétation des berges et comportement des poissons

La revue bibliographique et les enquêtes socio-économiques nous ont permis de retenir trois espèces de poissons : *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) et *Brycinus nurse* (Rüppell, 1832). L'analyse de l'interaction entre le régime fluvial, la végétation des berges et le comportement des poissons s'est faite sur la base de l'écologie des poissons en général (migrations saisonnières) et d'autre part sur leur régime alimentaire ou de reproduction.

En effet, les phénomènes hydrologiques gouvernent le comportement des poissons qui effectuent des migrations saisonnières. Daget et Durand (1981) distinguent deux types de migrations: les migrations longitudinales qui correspondent à des déplacements suivant le lit des fleuves et de leurs affluents, vers l'amont ou l'aval et les migrations latérales, qui s'effectuent depuis le lit des fleuves vers les plaines d'inondations. Selon les mêmes auteurs, la majorité des espèces fluviales se reproduisent durant la saison chaude et la crue, la période de ponte coïncidant avec la montée des eaux et le début d'inondation qui permettent aux alevins de gagner la plaine inondée où ils trouvent nourriture et abri. Il y a ainsi une dépendance étroite entre la fonction de reproduction des poissons et le régime des eaux. Aussi, au moment où les eaux sont hautes, les poissons ont accès aux berges inondées pour des périodes courtes ou plus ou moins longues. Ils y trouvent d'abondantes ressources trophiques qu'ils mettent à profit pour croître et constituer des réserves graisseuses, nécessaires pour leur reproduction.

Les trois espèces de poissons retenues se rencontrent au niveau du plan d'eau de Loumbila et au niveau de celui du lac de Bagré et sont tous à tendance phytophage. Selon Oueda et *al.*, (2008) les détritiques et les végétaux constituent les aliments principaux de *O. niloticus* en saison sèche, ce poisson augmente son degré de spécialisation pour les détritiques en saison pluvieuse. Pour *T. zillii*, les végétaux constituent l'aliment principal en toutes saisons. *Brycinus nurse* serait quant à lui un consommateur de grains de végétaux, il pourrait donc jouer un rôle dans la reproduction des végétaux. Selon les données de fishbase (<http://www.fishbase.org>), *O. niloticus* se reproduirait dans la végétation des berges et *T. zillii* se reproduirait pendant l'hivernage (juin, juillet, août).

III.4. DISCUSSION

Le suivi floristique donne la succession végétale de cet écosystème de la saison la plus inondée à la saison la plus sèche. Les résultats de la classification hiérarchique et ceux de l'ordination font ressortir d'une part une répartition spatiale des relevés suivant un sens longitudinal (amont-aval) et un sens transversal (rive droite, rive gauche) et d'autre part, une variation de la flore dans le temps. Cette répartition longitudinale est expliquée par les gradients tels la topographique qui varie depuis l'amont jusqu'à aval, l'existence de barrage sur le cours d'eau : les sites d'un même cours d'eau sont tous séparés par un barrage qui peut jouer un rôle tampon dans la crue fluviale. En effet, les impacts des ouvrages hydrauliques sur la végétation alluviale par le fait de la réduction du débit à l'aval des barrages et la raréfaction des crues provoquent un développement généralisé de la végétation dans le lit des cours d'eau et la culture des terres exondées entraînant un ensablement de ce fleuve et une dégradation plus ou moins marquée de l'ensemble des écosystèmes des plaines alluviales WCD, 2000 ; Beck & *al.*, 2003; Lamizana-Diallo, 2005 ; Leroy, 2006.

Quant à la répartition transversale qui est la structuration à l'intérieur d'un même groupe, elle dépend des activités anthropiques sur le site (extraction de matériau comme le cas de Kougri), de sa proximité par rapport à un village (seul le site de Ziga amont, est éloigné des localités habitées), de son appartenance au gradient local tels que les caractéristiques du sol qui peuvent être très variables depuis le bord du cours d'eau jusqu'à la lisière. Les relevés d'un même site sont ainsi soumis à des conditions hydrologiques variables allant de l'inondation périodique à l'immersion constante. On retrouve donc des groupes de plantes caractéristiques des milieux plus secs (plus élevés sur la rive), des groupes des milieux plus humides (à la bordure de l'eau) et des groupes intermédiaires entre ces deux extrêmes.

Nous affirmons donc tout comme Hudon, 1997, que les berges des cours d'eau étant des zones de marnage, la colonisation de ces zones par la végétation est fonction du degré d'humidité que chaque espèce végétale est susceptible de supporter. De ce fait, une sélection des espèces capables de subsister et de boucler leur cycle vital dans de telles conditions est inévitable, aux dépens d'autres espèces végétales moins adaptées à ces changements de niveau de l'eau. En effet, selon Hudon (1997), le marnage imposerait, pour la portion la plus immergée des berges, une pression sélective importante favorisant les espèces fortement tolérantes et résilientes et dans l'éventualité où aucune espèce fortement tolérante ne se retrouve à proximité, une berge soumise à un marnage sévère se dénudera et deviendra stérile. Il en résulte ainsi une destruction des zones de frayères pour le poisson, ainsi que les zones de

couvert et de nourriture pour l'avifaune et la faune terrestre (Fraissé, 1999; Houde-Fortin et *al.*, 2007). Aussi, comme le relevait le rapport du WCD (2000), pour les écosystèmes aquatiques, les crues de faible amplitude peuvent être des déclencheurs biologiques, notamment pour les migrations de poissons et d'invertébrés, nettoient les lits mineurs et participent à la dynamique de création d'habitat. Les crues de plus grande amplitude jouent un rôle majeur sur la morphologie des cours d'eau et le renouvellement des habitats.

Nous concluons ainsi tout comme Amoros et Petts (1993), que les communautés végétales de l'hydrosystème s'agencent non seulement le long de la dimension longitudinale du cours d'eau mais aussi selon la dimension transversale au sein de la plaine alluviale d'inondation. Cependant, ces variations transversales dépendent dans une large mesure des changements qui surviennent sur la dimension longitudinale, c'est-à-dire le long de la succession amont-aval des divers secteurs fonctionnels. En réalité, la zonation amont-aval résulte de l'interférence entre les paramètres physiques telle que la pente et les paramètres chimiques. Les facteurs écologiques essentiels, donc susceptibles de provoquer la différenciation des groupements dans la région étudiée sont entre autre les conditions d'hydromorphisme du sol, l'impact anthropozoïque, les fortes perturbations anthropiques White, 1986 ; Fournier, 1991, Wittig et Guinko, 2005.

Nos résultats corroborent ceux de Garba (1984), Roussel (1987), Ouedraogo (1990), Lamotte (1992), Skinner (1994), Lamizana-Diallo (2005) et Lamizana-Diallo et *al.*, (2008a), en ce qui concerne la zonation des espèces suivant certains paramètres tel que le gradient d'humidité, ici la distance au cours d'eau.

Nos résultats mettent ainsi en évidence une corrélation entre les espèces végétales et le régime fluvial. Une variation de la flore dans le temps caractérisée par l'apparition et la disparition des hygrophytes suivant les phases d'inondation et d'exondation est en effet mise en exergue. Ces résultats sont en conformité avec ceux de Hiernaux (1980a, *In* Breman et *al.*, 1991) qui déterminait une répartition des espèces herbacées des plaines d'inondation, par rapport à la hauteur maximum et à la durée d'inondation de l'habitat principal. Cet auteur donnait une durée inférieure à un mois avec une hauteur inférieure à 10cm pour *Paspalum orbiculare* et une durée comprise entre 0 et 5 mois avec une hauteur d'eau comprise entre 0 et 150 cm pour *Vetiveria nigriflora*. Aussi, la durée de submersion des sols, liée à la profondeur des eaux, constitue des éléments déterminants de la structure horizontale de la végétation.

La végétation des berges joue, pour la plupart, le rôle d'habitats biologiques pour les poissons. En effet, le développement et la reproduction de certaines espèces de poissons dépendent de la végétation des bordures des berges. Au niveau de la rive, les herbes, les racines, les débris ligneux et les feuilles constituent un substrat et un composant important de l'habitat de la microfaune. La végétation des berges intervient en effet en apportant de la matière organique à la base de l'alimentation de nombreux animaux, en créant de l'ombre, qui limite les variations de température et permet aux poissons d'échapper aux prédateurs et aussi en limitant les processus d'eutrophisation néfastes pour la vie piscicole, par ce même ombrage.

Les poissons peuvent se nourrir de végétaux supérieurs, d'algues planctoniques, de périphyton, de zooplancton, de détritus végétaux et animaux, de stades larvaires benthiques, de mollusques, d'insectes de surface, de crustacés, de poissons. Aussi, certaines espèces piscicoles sont phytophages (Avault et *al.*, 1968, Spaturu, 1978, Oueda, 2009). Source de nourritures et d'abris, productrice de nouveaux habitats piscicoles, la végétation des berges joue donc un rôle essentiel dans le développement de la vie aquatique. Cependant, Goulding (1980) envisage des relations poissons phytophages/végétaux dépassant largement le simple lien trophique. En effet, d'après cet auteur, des poissons seraient également responsables de la dispersion des graines de certains végétaux.

Il y aurait ainsi une interdépendance de la végétation des berges, de la faune piscicole et des phases d'inondation et d'exondation. En effet, les résultats du suivi de la végétation et du suivi de l'inondation montre que le régime de la crue fluviale a un impact tant sur la végétation des berges que sur les espèces de poissons présents au niveau du Nakanbé. Ces composantes de l'écosystème peuvent donc être utilisées pour la détermination des besoins en eau de cet écosystème. Selon Rossow & *al.*, (2005), pour les cours d'eau temporaire, la végétation des berges est importante comme outil de détermination des débits environnementaux. Ils serviront donc de base pour la détermination des débits environnementaux nécessaire pour une bonne gestion des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques.

CONCLUSION

Les résultats du suivi végétal et celui de l'inondation révèlent que le marnage joue un rôle important dans la colonisation végétale des zones des berges et dans l'agencement des communautés végétales. Ces zones des berges sont aussi des zones de frayères pour le poisson, et des zones de gîtes et de nourriture pour l'avifaune et la faune terrestre. Cette végétation joue aussi un rôle primordial dans l'hydrosystème fluvial en influençant à la fois les écosystèmes aquatiques et terrestres, non seulement comme pourvoyeuse de ressources trophiques mais aussi en créant des habitats diversifiés pour la faune ou en générant des microclimats. Si la végétation dépend directement ou indirectement des processus géomorphologiques, elle exerce aussi sur ces derniers des rétroactions dont les conséquences, parfois très importantes, peuvent être utilisées comme moyen de gestion environnementale.

Les végétaux servent en outre de lieux de ponte et de frayère pour les invertébrés et les poissons. Ils sont utilisés également en tant que matériaux de construction pour les fourreaux larvaires de certains trichoptères ou les cocons de nymphoses de certains lépidoptères. Il faut signaler enfin leur rôle d'abri pour les organismes qui viennent se cacher ou y trouver une protection contre les aléas climatiques. Ils sont également source de nourriture et jouent un rôle mécanique en ce sens qu'ils ralentissent l'écoulement d'un cours d'eau et partant, l'érosion.

Cependant, pour jouer pleinement leur rôle, la végétation des berges a besoin d'une crue fluviale, facteur externe et indispensable, qui crée les conditions propices pour leur croissance et leur développement. C'est également cette crue fluviale qui entretient l'écosystème et lui permet de fonctionner et de fournir les biens et services à la population riveraine. L'importance de cette crue fluviale pour le fonctionnement des écosystèmes milite en faveur de la détermination des besoins en eau des écosystèmes permettant de leur allouer un débit environnemental adéquat. C'est l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE IV : DETERMINATION DES BESOINS EN EAU DES ECOSYSTEMES

INTRODUCTION

La conjonction des activités anthropiques et du changement climatique est l'une des principales causes de la dégradation des écosystèmes au Burkina Faso. A ce sujet, le Programme d'action national d'adaptation (PANA) à la variabilité et aux changements climatiques du Burkina Faso a identifié l'eau, l'agriculture, l'élevage, la foresterie et les pêcheries comme étant les secteurs les plus vulnérables aux changements climatiques et relevé que les tendances prévues au niveau des précipitations affecteront également le débit d'eau dans les quatre bassins du pays (MECV et SP/CONEDD, 2006). C'est dans ce contexte que la gestion des ressources en eau du Nakanbé doit être examinée. En effet, les problèmes de gestion des ressources en eau au niveau du bassin du Nakanbé se sont posés avec acuité ces dernières années. Des situations de graves pénuries d'eau, notamment dans les activités d'hydroélectricité, hydro-agricoles et pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou se sont posées, et le fleuve Nakanbé étant transfrontalier, il y a un problème de partage de la ressource avec le Ghana voisin.

Tout ceci en appelle à une meilleure connaissance de la disponibilité des ressources en eau et des différents usages au niveau du bassin. Afin de rendre disponible les ressources en eau nécessaire, de grands aménagements hydrauliques ont été réalisés au niveau de ce bassin. Ceux-ci sont des éléments essentiels de développement économique et social du pays. Sans doute ont-ils une incidence sur l'environnement qui n'est pas toujours positive. Cependant il n'est pas raisonnable d'opposer technologie et écologie. S'il est vrai que parfois les intérêts peuvent diverger, il est souvent possible d'éviter ou tout au moins d'atténuer les impacts négatifs sur l'environnement au moyen d'une approche pluridisciplinaire. A cet égard, les analyses de faisabilité des projets doivent reposer non seulement sur des considérations techniques, économiques ou socio-politiques, mais également sur l'étude des répercussions prévisibles sur l'homme et son environnement.

Dans l'optique de renforcer les avantages tirés de la présence du plan d'eau et de minimiser les impacts négatifs, il est nécessaire de stimuler la mise en place de comités locaux de gestion des retenues d'eau. Ces comités locaux en plus d'atténuer, voire éviter des crispations entre les différents utilisateurs, contribueront au maintien de la longévité des ouvrages. Egalement ces comités avec l'appui de structures techniques, veilleront à ce que les

écosystèmes de la zone humide comme en aval de celle-ci puissent bénéficier de la quantité d'eau nécessaire au maintien de leurs caractéristiques écologiques. Pour ce faire la détermination d'un débit environnemental s'avère comme un préalable.

Dans ce chapitre nous proposons une méthodologie de détermination des débits environnementaux, étape indispensable pour assurer aux écosystèmes la quantité (et qualité) d'eau nécessaire à leur fonctionnement.

IV.1 APPROCHE METHODOLOGIQUE

IV.1.1. Etat de la connaissance scientifique sur le débit environnemental

Les recherches sur le débit environnemental requis pour les cours d'eau (Acreman et *al.*, 2000 ; Arthington et *al.*, 1992 in Davis et *al.*, 2001; Arthington et Zlucki, 1998 ; WCD, 2002, Brock, M.A., 2000, Dyson et *al.*, 2003), l'eau souterraine (Knight S., 2001) et les zones humides (Davies et *al.*, 2001, 2003) ont donné des résultats concluants. Au cours des cinq (5) dernières décennies, environ 100 différentes approches pour la détermination des débits environnementaux ont été développées et plus de 30 pays ont/ou sont entrain de les utiliser pour la gestion de leur ressource en eau (King et *al.*, 1999 ; King et *al.*, 2004). Ces méthodes peuvent être regroupées en 4 catégories : l'approche hydrologique, celle basée sur la relation entre l'habitat physique et les débits, celle basée sur la simulation débits - habitats et l'approche holistique.

Le principal avantage de la 1^{ère} méthode est qu'elle permet une estimation rigoureuse et rapide du débit si les données hydrologiques sont disponibles mais elle ne permet aucune interprétation écologique, la seconde, bien qu'elle prenne en compte le biotope, l'échelle et l'étendue de l'interprétation hydraulique sont très limitées. La 3^{ème} catégorie, combine l'habitat physique et l'habitat préférable pour une espèce donnée afin d'estimer l'habitat disponible pour cette espèce pour un débit donné. La 4^{ème} approche, dite holistique est la plus utilisée présentement. En effet, depuis 1989, le Building Block Methodology (BBM), le Downstream Response to Imposed Flow Transformation (DRIFT) et le Flow Stressor-Response (FS-R) ont été développés et font partie de cette catégorie (King et *al.*, 2000 ; Jordanova et *al.*, 2004, O'Keffe et *al.*, 2002). Ces méthodes incorporent des analyses hydrauliques afin de faire un lien entre l'hydrologie et les autres facteurs.

Les premières approches concernant le débit environnemental mettaient surtout l'accent sur les aspects biophysiques. La réflexion récente sur ce concept intègre de plus en plus les dimensions sociales et économiques. En ce qui concerne les aspects sociaux, il s'agit de mieux

cerner et de prendre en compte les impacts sur les communautés qui dépendent de l'exploitation des écosystèmes aquatiques liées à la crue. En ce qui concerne les aspects économiques, il s'agira de déterminer par exemple le bien-fondé économique et financier d'allouer une quantité d'eau déterminée aux écosystèmes fluviaux par rapport aux gains qui pourraient dériver d'autres options de gestion des ressources en eau disponibles (Korsgaard, 2006).

King et *al.*, (2004) ont mené une étude comparative des trois méthodes holistiques et ont conclu que DRIFT était de loin la plus satisfaisante. En effet, DRIFT est désigné pour décrire et quantifier les liens entre le changement du régime hydrologique et l'impact socio-économique sur les populations riveraines qui dépendent du fleuve pour leur subsistance (King et *al.*, 2004 ; Jordanova et *al.*, 2004 ; Rossouw et *al.*, 2005). Nous avons donc opté de tester cette méthode sur le bassin du Nakanbé pour la détermination du débit environnemental. L'application de DRIFT nécessite de décrire l'écosystème (Chapitre I) et les changements prévisionnels, la relation existante entre l'écosystème et la population riveraine (Chapitre II), de proposer des scénarii de gestion en prenant en compte les différents usages. Les différentes étapes nécessaires dans l'application de DRIFT sont :

1. Caractériser l'écosystème en termes d'hydrologie et d'écologie : à ce niveau, une description du site, du régime de l'eau, des données hydrologiques, la végétation, la faune ainsi que les caractéristiques écologiques sont nécessaires. Ceci a été fait dans le chapitre I.
2. Identifier les usages, les valeurs et les menaces sur le régime de l'eau : les résultats des enquêtes réalisées (chapitre II) ont permis de cerner ces aspects.
3. Décrire les relations entre le biotope et le régime de l'eau: le chapitre III a permis de décrire les interactions qui existent entre la végétation des berges du Nakanbé, le régime fluvial et l'écologie de la faune piscicole. Nous avons à ce niveau déterminé la limite de l'inondation, sa durée ainsi que la hauteur de la lame d'eau. Le bassin du Nakanbé étant déjà très perturbé, nous sommes partie du contexte actuel pour évaluer l'effet de ce régime tel qu'il est, sur les écosystèmes riverains (végétation des berges et faune piscicole associée).
4. Déterminer le régime souhaité : la proposition de régime souhaité pour le bassin du Nakanbé intervient à un stade très avancé de perturbation du bassin, aussi nous allons nous baser sur les résultats obtenus à l'étape 3, pour évaluer les besoins en eau des écosystèmes (végétation des berges) à l'état actuel et préconiser ce débit pour le maintien des fonctions de cet écosystème. Le Nakanbé étant temporaire, le caractère

de l'inondation préconisé sera également temporaire. Ce sera l'objet du chapitre IV. Une fois le débit environnemental déterminé, nous proposerons un modèle hydrodynamique qui pourra être utilisé pour l'allocation de l'eau aux écosystèmes. Notre étude se limite à ce niveau.

Les autres étapes de DRIFT sont nécessaires mais applicables par les gestionnaires des retenues ou des cours d'eau. Ils pourront sur la base de nos résultats, affiner le régime souhaité en examinant plusieurs scénarii en utilisant le modèle hydrodynamique, fixer les indicateurs de performance en relation avec le biotope, déterminer les moyens de mise en œuvre du régime désiré, prescrire l'allocation de l'eau afin d'atteindre le régime désiré, mettre en œuvre, suivre et évaluer.

En effet, la gestion d'un bassin versant aussi perturbé que le Nakanbé nécessite d'opérer un choix d'une option de gestion parmi les différentes propositions disponibles. Cela implique une évaluation du coût des différentes options de gestion, les coûts de la compensation si nécessaire et les coûts des mesures d'atténuation. Vu que la proposition de la prise en compte des besoins en eau des écosystèmes, vient après l'existence des barrages, il faudra voir la faisabilité technique (intervention au niveau des barrages) et la faisabilité politique en faisant référence à la loi d'eau qui existe.

En réalité toutes les conséquences prévisibles d'un projet hydraulique devraient faire l'objet d'une étude globale détaillée. L'étude coût bénéfice doit inclure également les avantages accessoires de l'ouvrage (écrêtments des crues, facilités de navigation, etc.) et les mesures à prendre pour limiter les désagréments potentiels (envasement, recrudescence des maladies liées à l'eau, préjudice occasionné à la flore et à la faune aquatique, etc.).

IV.1.2. Evaluation du débit environnemental

- **Biens et services tirés des écosystèmes humides**

Sur la base des observations de terrain et des enquêtes socio-économiques (Chapitre II) et partant d'un canevas de tableau élaboré par Korsgraad (2006), nous avons évalué les biens et services que la population pouvait tirer de l'écosystème du Nakanbé. L'importance socioéconomique des ressources du Nakanbé est une motivation pour sa meilleure gestion.

- **Conditions requises pour une inondation des berges**

Les berges des cours d'eau, les plaines d'inondations et l'écosystème humide en général, sont submergés lorsqu'il y a crue. Les crues se présentent sous la forme d'intumescences, c'est-à-dire de gonflements des eaux, dont le maximum se propage de l'amont vers l'aval, que

l'on appelle ondes de crue. La question que l'on peut se poser alors, est : Quelle crue doit transiter par Loumbila, Toece, Ziga, Bagré, pour permettre la satisfaction du besoin en eau de l'écosystème riverain du Nakanbé? Pour qu'il y ait débordement, il faut que le lit mineur du cours d'eau (ou l'infrastructure de stockage) soit plein.

La hauteur d'eau et le débit d'un cours d'eau varient constamment d'un instant à un autre et d'une section à une autre en fonction de nombreux paramètres, qui, eux-mêmes, varient dans l'espace et dans le temps : (i) répartition spatiale des averses, (ii) intensité des averses et forme du hyétogramme, (iii) état de saturation du sol, (iv) niveau des nappes phréatiques et des lacs, et, (v) éventuellement, état d'ouverture ou de fermeture des ouvrages de régulation ou de contrôle des crues. En conséquence, il n'existe aucune méthode universelle et infaillible de prévision des crues, chacune possède ses avantages et ses inconvénients (Chuzeville, 1990). De plus, un cours d'eau n'est pas immuable. Son tracé, son profil en travers, sa pente, la constitution de son lit et de ses berges varient dans le temps et c'est justement lors des grandes crues que ces variations s'opèrent (érosion, sédimentation, coupure de méandre, formation d'un lit majeur, etc.).

Il n'y aura stagnation d'eau que lorsque le sol est saturé. En effet, le taux d'infiltration est maximal au début de l'averse, lorsque le sol est sec, puis décroît régulièrement à mesure que la zone se sature en eau. Le ruissellement est constitué par l'eau qui parvenant au sol, n'est pas absorbée par lui et coule plus ou moins librement à sa surface. La végétation joue également un rôle en interceptant une partie de l'averse. Cette partie varie beaucoup suivant l'espèce et la densité de la couverture végétale. Elle est de l'ordre de quelques millimètres d'eau en moyenne et elle ne joue un rôle important qu'au début de l'averse. Lorsque les pluies sont de courte durée et d'intensité assez faible, l'interception absorbe une fraction non négligeable des précipitations, jusqu'à 25% dans certains cas (Chuzeville, 1990). En zone tropicale très sèche, l'interception est nulle ou très faible en début de saison des pluies et croît au fur et à mesure que se développe la végétation. C'est en tenant compte de tous ces impondérables, que nous avons évalué les besoins en eau de l'écosystème humide du Nakanbé.

*** Débit spécifique**

Le débit moyen annuel est la moyenne arithmétique des débits journaliers (Roche, 1963 ; Nemec et Bellocq, 1974). Ce débit ne coïncide pas avec la moyenne des hauteurs d'eau, sauf si $H(Q)$ est linéaire, ce qui n'est pas notre cas. Le débit moyen annuel ou module

annuel est lui, obtenu en faisant la moyenne arithmétique des débits sur toute l'année. Il est peu significatif en région tropicale à longue saison sèche si les cours d'eau ne sont pas permanents. Les modèles hydrologiques de gestion des ressources en eau utilisent les séries de débit spécifique qui constituent l'information du modèle concernant les écoulements des cours d'eau dans l'ensemble du bassin. Elles sont introduites dans le modèle sous forme de séries de débit spécifique par sous bassin ($l/s/km^2$). Nous déterminerons donc un débit spécifique en $l/s/km^2$, qui sert à comparer les régimes hydrologiques de cours d'eau différents mais situé dans la même région ($q=Q/S$), (Chuzeville, 1990).

*** Surface représentative de la végétation des berges (*S*)**

La végétation des berges est le paramètre retenu pour la détermination du débit environnemental de notre écosystème. En effet, Lamizana-Diallo (2005) et Lamizana-Diallo et *al.*, (2008a) ont montré qu'il existe un lien étroit entre la dynamique de la végétation des berges et le régime de la crue fluviale. Ces auteurs ont démontré l'interaction entre les trois paramètres essentiels d'un écosystème humide : l'eau, les sols et la végétation des berges afin de déterminer le rôle individuel ou combiné de chaque paramètre. De même, Rossow et *al.*, (2005) ont démontré que pour les cours d'eau temporaire, la végétation des berges est importante comme outil de détermination des débits environnementaux. Ces résultats nous confortent dans le choix de la végétation des berges comme outil de détermination des débits environnementaux.

Le suivi de la végétation s'est fait en utilisant un transect-bande de 2 m de large sur 50 m de long (Chapitre III). Nous nous sommes basée sur ces éléments pour la détermination de la surface représentative de la végétation des berges (*S*). Nous avons retenu une hauteur de lame d'eau sur la base du suivi de l'inondation (Chapitre III). Le cours principal du Nakanbé a une longueur de 1095 km, dont 575 km situé sur le territoire burkinabé. Nous avons retenu la longueur totale du Nakanbé au Burkina Faso, bien que certaine partie du cours d'eau soit occupée par les plans d'eau du fait de l'existence de barrages. Nous avons donc extrapolé le besoin d'un transect-bande à l'ensemble de la zone des berges du cours d'eau du Nakanbé en retenant comme limite d'inondation souhaitée, 50 m. Les travaux de terrain ont permis de constater que l'inondation n'est souvent effective que sur une rive du fait de l'existence de pente abrupte sur certaines portions, cependant nous avons considéré l'inondation sur les deux rives dans un souci de simplification. C'est une méthode simplifiée de détermination d'un débit environnemental. Une étude topographique plus fine serait nécessaire pour déterminer un débit environnemental affiné.

IV.1.3. Choix du modèle d'allocation de l'eau

La prévision hydrologique est un aspect très important en hydrologie appliquée. Elle intervient nécessairement pour le contrôle des inondations, la régulation des cours d'eau, la production hydro-électrique, le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et, compte tenu de l'utilisation toujours plus intense des ressources en eau, la prévision devient de plus en plus nécessaire pour la gestion de la ressource et le contrôle de la pollution. Pour répondre de façon adéquate à ces besoins, les hydrologues ont développé des outils que l'on appelle modèles hydrologiques. Ces modèles ont évolué très rapidement depuis quelques décades avec l'avènement des ordinateurs de plus en plus puissants (Morin, 1991; DHI, 2008).

Bien que le terme « modèle » soit d'utilisation très générale, il est habituellement utilisé pour décrire un ensemble de formules mathématiques et d'algorithmes représentant l'état d'un système et son évolution sous l'influence de certaines variables. En hydrologie, on distingue deux types de modèles : (i) les modèles stochastiques qui font intervenir des variables aléatoires dans la définition du système et, (ii) les modèles déterministes qui ne font intervenir aucune variable aléatoire. Les relations entre variables sont strictement fonctionnelles. Les modèles Mike Basin et WEAP (Water Evaluation And Planning System) sont beaucoup utilisés dans la sous région.

Mike Basin permet de décrire les demandes multisectorielles (domestique, industrielle, agriculture, production d'électricité, navigation, environnementale...) ainsi que des règles de priorité entre chacune de ces utilisations. C'est un modèle déterministe qui permet de modéliser la gestion des ressources en eau en prenant en compte les aspects sur les usages, l'hydroélectricité et les allocations au niveau d'un barrage pour l'AEP. Il est utilisé au Burkina Faso pour la gestion des barrages du bassin du Nakanbé. Les besoins en eau des écosystèmes ne sont pas encore pris en compte. WEAP fournit un système de maintenance de l'information sur la demande et l'allocation de l'eau. Il évalue une série d'options de gestion et de mobilisation de l'eau et prend en compte de multiples usages de l'eau. L'utilisation de WEAP requiert les caractéristiques telles que la superficie du bassin versant (km²), les prélèvements (AEP, irrigation, hydroélectricité en m³), les débits spécifiques (m³/s), la pluviométrie moyenne (mm) et l'ETP (mm).

Le choix du modèle dépend des objectifs de l'étude. Le modèle WEAP est gratuit et téléchargeable sur le Net, alors que Mike Basin a un coût relativement élevé. Le tableau 10 donne les caractéristiques principales des barrages, nécessaires pour la simulation de gestion

des ressources en eau du Nakanbé, mais celle-ci ne prend pas en compte les besoins en eau de l'écosystème.

Tableau 10: Caractéristiques principales des barrages

PARAMETRE	DESCRIPTION	Unité	GOINRE	LAC BAM	TOECE	LOUMBILA	OUAGA	ZIGA	ITENGUE	BAGRE
Bottom level	Niveau de fond du barrage	m	325,5	0,5	285,5	272,8	283,5	258,0	286,0	215,0
Top of dead storage	Niveau minimum d'exploitation du barrage	m	325,5	0,5	286,5	274,0	284,0	258,0	286,0	223,5
Dam crest level	Niveau d'eau maximum sans déversement	m	329,0	5,6	296,0	280,0	289,0	270,0	291,3	240,0
Flood contole zone	Zone de contrôle des crues	m	328,5	5,5	290,0	278,5	287,5	266,2	290,0	231,0
Spillway bottom level time series (optional)	Côte minimale de déversement (par option)	m	inconnu	5,5	293,4	278,9	287,5	266,2	290,3	235,0
Bottom outlet capacity time series (optional)	Capacité limite du déversoir de fond (par option)	m ³ /s	inconnu	0	0	50	0,05	13,5	0,001	0,05

Source : DGRE, données de simulation par Mike Basin dans le bassin du Nakanbé, 2008

Les demandes en eau au niveau du bassin du Nakanbé sont résumées dans le tableau 11.

Tableau 11 : Demandes en eau du Nakanbé

Usages de l'eau	Demande (Mm3)
Agriculture	66,24
Domestique	38,42
Industrie	1,31
Elevage	16,29
Minière	0
Hydroélectricité ⁶	1300

Source : Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso, mai 2001

*Disponibilité de la ressource en eau

La disponibilité de la ressource en eau est un outil d'aide à la décision dans la gestion. En effet, pour assurer une bonne gestion il faut développer une meilleure compréhension des relations entre la disponibilité d'eau (débit de la rivière) et les besoins de l'écosystème aquatique (habitat). La disponibilité globale (DG) de l'eau est donnée par le rapport du volume disponible (VDip) au niveau des ressources sur le volume des demandes (VDem) à satisfaire: $DG = VDip/VDem$. Il y a pénurie si $DG < 1$.

⁶ Demande non consommatrice d'eau, l'eau turbinée même si elle perd de sa qualité, est rejetée au niveau du cours d'eau.

IV.2 RESULTATS

IV.2.1. Biens et services tirés des écosystèmes humides

Tout écosystème humide regroupe un certain nombre de composantes physiques, biologiques ou chimiques telles que les sols, l'eau, les espèces végétales et animales et les éléments nutritifs. Au sein et entre chacune de ces composantes, divers processus prennent place et permettent aux zones humides d'accomplir certaines fonctions. Ces fonctions peuvent se répartir en deux groupes : les fonctions biologiques/écologiques et les fonctions de développement/produit. De plus, à l'échelle de l'écosystème, certains attributs tels que la diversité biologique, originalité/patrimoine culturel ont une valeur soit par les utilisations qu'ils engendrent, soit en raison de leur intérêt propre. La liste des produits des écosystèmes humides exploités au niveau du Nakanbé par l'homme est immense (Tableau 12).

Tableau 12 : Services tirés de l'écosystème Nakanbé d'après les observations et enquêtes de terrain (le canevas est adapté d'après Korsgaard, 2006).

Catégories de services	Services fournis	Fonction clé liée au débit	Composante clé du débit environnemental
Production	Eau de subsistance pour la population	Fourniture en eau	Cours d'eau
	Poisson	Habitat, nourriture	Cours d'eau, zone et végétation des berges
	Terre fertile pour maraîchage ; pâturage, légumes et fruits sauvages	Provision d'éléments nutritifs pour le sol	Plaine d'inondation, berges des cours d'eau
	Fibre et bois pour construction, bois de chauffe, artisanat, plantes médicinales	Condition de fertilité du sol	Plaine d'inondation, végétation des berges inondées
	Matériau de construction et industrie (gravier, sable, argile)	transport et dépôt de sédiments fluvial, géomorphologie	Lit et berges du cours d'eau
Régulation	Capacité de purification, contrôle chimique de la qualité de l'eau	Dénitrification, dilution, charriage	Plaine d'inondation, régime fluvial
	Contrôle de la qualité physique de l'eau	Charriage de matériau solide, rétention de sédiment	Plaine d'inondation, régime fluvial, végétation des berges
	Contrôle de crue	Capacité de rétention d'eau (effet tampon)	Plaine d'inondation, végétation des berges inondées
	Recharge de la nappe souterraine	Recharge des aquifères	Plaine d'inondation, cours d'eau
	Contrôle de l'érosion	Végétation des berges, transport et dépôt de sédiments	Inondation des berges du fleuve
	Contrôle de la santé	Evacuation de vecteurs de maladie	Régime fluvial, qualité de l'eau
	Stabilisation du microclimat	Ecosystèmes sains	Plaines d'inondation, végétation des berges existante du fait de la crue

Information	Récréation et tourisme (pêche et chasse)	Présence d'animaux sauvages, bonne qualité de l'eau	Site spécifique (Ziga, Bagré,...)
	Conservation de la biodiversité	Maintien de l'intégrité de l'écosystème (habitat diversifié et connectivité)	Régime fluvial naturel
	Activités culturelles, religieuses, historiques et symboliques	Site spécifique	Site spécifique
Support de la vie	L'existence primaire d'un écosystème sain	Tous	Régime fluvial naturel

IV.2.2. Besoins en eau de l'écosystème

IV.2.2.1. Evaluation du débit environnemental

L'évaluation des besoins en eau pour une surface donnée se base sur la limite de l'inondation (50 m), la largeur du transect-bande (2m) ce qui nous donne une unité de surface représentative de la végétation des berges, de : $S = 2 (m) \times 50 (m) = 100 m^2$, soit $200 m^2$ pour les deux rives. Le Nakanbé, au niveau du Burkina faso, a une longueur de 575 km. Lorsque nous prenons en compte les deux rives, pour une limite de l'inondation de 50 m, nous avons une largeur de 100 m (50 m sur la rive droite plus 50 m sur la rive gauche). La surface mouillée est donc de : $S_m = 0,1 (km) \times 575 (km) = 57,5 km^2$.

Le chapitre III a mis en évidence le rôle prépondérant de la hauteur de la lame d'eau sur la dynamique de la végétation. Le suivi de l'inondation a donné des hauteurs de la lame d'eau allant de 1m (au bord du cours d'eau) à 0,05 m à la limite de l'inondation. En tenant compte de l'évaporation, infiltration et pertes diverses, nous retenons une hauteur de lame d'eau moyenne de 0,05m pour une durée d'inondation maximale de 3 mois. La lame d'eau annuelle écoulée étant la hauteur d'eau fictive qui, uniformément répartie sur la surface du bassin versant, donnerait le même volume écoulé, nous avons un débit transité: $V = \text{lame d'eau (en m)} \times S (m^2) = Q_a (m^3/s - \text{module annuel}) \times 3600 \times 24 \times 365$.

- $Q_t = 0,05$ (hauteur moyenne de la lame d'eau en m) $\times 200$ (surface du transect-bande sur les deux rives en m^2) = $10m^3$ pour les 3 mois, qui est le débit transité correspondant au besoin en eau de la végétation des berges sur un transect-bande pour les deux rives.

En ramenant ce débit transité à la totalité du cours d'eau, nous avons un débit spécifique de :

- $Q_t = 10 m^3 / 3 \text{ mois}$ soit $3,333 m^3/\text{mois}$
- $Q_t = 3333,33 \text{ (en l)} / (3600 \times 24 \times 30) = 12,864 \cdot 10^{-4} l/s$

○ $Q_{sp} = Q_t \times 57,5$ (surface mouillée en Km²) = 0.0739 l/s/km².

Ainsi, pour maintenir les fonctionnalités de la végétation des berges du Nakanbé, il faudra lui fournir 0,0739 l/s/km² pendant 3 mois. Ce débit tient compte du caractère temporaire du cours d'eau.

Le volume à la confluence du Nakanbé est de 2,44 milliards de m³ pour une demande estimée à 1,42 milliards de m³, d'où une disponibilité globale (DG) égale 1,72. Il n'y a donc pas de pénurie, ce qui permet de considérer un autre usager qui est l'écosystème, consommateur mais également pourvoyeur d'eau du fait de sa fonction régulatrice et de recharge. La demande de cet écosystème (pour une largeur de berge de 25 m) est de 0,0369 et de 0,0739 pour une largeur de berge de 50 m.

IV.3. DISCUSSION

Les biens et services tirés de l'écosystème du Nakanbé sont immenses. L'exploitation a lieu à tous les niveaux, de l'échelle commerciale à l'échelle des industries communautaires ou même de subsistance. Les ressources, forestières, en espèces sauvages, halieutiques, fourragères, agricoles et l'alimentation en eau sont parmi les différents produits de cet écosystème. La récolte directe des ressources forestières permet d'obtenir un certain nombre de produits importants, allant des produits ligneux tels que le bois de chauffage, le bois d'œuvre et les écorces, aux productions forestières « mineures » comme les résines et médicaments. Les berges des cours d'eau et les milieux riverains étant des zones de refuges « reliquat » pour ces différentes ressources du fait de l'existence d'eau. Que ce soit pour l'agriculture, la pêche ou l'élevage, les zones des berges du Nakanbé ont été utilisées par les communautés rurales et ont joué un rôle important dans leur sécurité alimentaire. Le chapitre II a mis en évidence cet état de fait. Cependant, beaucoup de services fournis par les zones humides sont non-marchands. C'est le cas de la réduction des inondations, de la régulation du climat, de l'alimentation des nappes souterraines et de la lutte contre l'érosion tant il est vrai que le lien entre les services écosystémiques fournis par les systèmes naturels et leur impact sur les populations est souvent méconnu.

Le Nakanbé est le bassin le plus perturbé au niveau du Burkina Faso. Le nombre d'ouvrages hydrauliques est très élevé comme stipulé dans le chapitre III. La gestion des ressources d'un tel bassin est donc une gestion de compromis. Cependant, le Nakanbé étant un cours d'eau temporaire qui s'assèche dès la fin novembre, cette gestion doit également tenir compte de cet état de fait. Ainsi à la sortie de Loumbila et de Ziga, toute la portion des

cours d'eau est à sec six mois sur douze, à l'exception de l'aval de Bagré, où du fait de l'existence du barrage à vocation hydroélectrique, le Nakanbé est passé d'un cours d'eau temporaire à un cours d'eau permanent. Ce changement de régime a un impact tant sur les écosystèmes riverains que sur les activités humaines. La présence permanente de l'eau est un appel à un changement de calendriers d'activités pour la population, qui exploite cette ressource tout au long de l'année. Elle améliore ainsi ses conditions de vie en diversifiant ses sources de revenus (maraîchage, pêche). Cependant, la pratique culturelle sur les berges sans respect d'une bande de servitude, l'usage d'engrais contribuent à la déforestation des berges du cours d'eau, son ensablement et comblement progressif du plan d'eau. Le ruissellement des résidus d'engrais dans le cours d'eau, a un effet sur la faune aquatique. Au Burkina Faso, le débit sanitaire est préconisé mais n'est pas observé. Le débit sanitaire diffère du débit environnemental en ce sens que ce dernier tient compte de l'hydrogramme de crue. Aussi la gestion d'un cours d'eau doit tenir compte de son caractère temporaire ou permanent. En effet, observer un débit environnemental ne veut pas dire transformer un cours d'eau temporaire en un cours d'eau permanent ou vice versa.

Les résultats obtenus pour les besoins en eau des écosystèmes du Nakanbé sont acceptables dans la mesure où, des simulations au niveau de la direction générale des ressources en eau (DGRE) donnent, respectivement, les séries de débit spécifique utilisées au niveau du Nakanbé, de l'ordre $0,48 \text{ l/s/km}^2$ pour le sous-bassin de Toécé, $0,89 \text{ l/s/km}^2$ pour le sous bassin du Lac Bam, $0,84 \text{ l/s/km}^2$ pour celui du Massilli et $2,44 \text{ l/s/km}^2$ pour le sous bassin de Bagré. Le principal mode d'allocation d'eau aux écosystèmes est la fixation d'un débit minimal règlementaire, rarement supérieur au dixième du débit moyen interannuel (module). En rappel, le module interannuel au niveau de Bagré est de $37,48 \text{ m}^3$, aussi le dixième de ce module correspond à une valeur de $3,748 \text{ m}^3$. Le débit environnemental calculé pour le Nakanbé est supérieur à ce débit minimal règlementaire fixé car pour toute l'année nous avons un débit de 10 m^3 . Selon Tennant (1976), cette valeur de débit (1/10ème module) correspond généralement à une valeur en dessous de laquelle les paramètres hydrauliques tels que le périmètre mouillé s'annulent très rapidement. Elle correspond à un objectif environnemental à la limite entre « minimal médiocre » et « dégradation sévère » selon la méthode Tennant très utilisée aux Etats-Unis pour la détermination des débits réservés (Davis, 2003). 10% du module annuel correspond donc, en général, à la valeur minimale pour préserver assez d'habitats pour la survie, au-delà de 60% la situation est optimale (Tennant,

1976). Le débit calculé correspond à 27% du module annuel et répond donc à un objectif environnemental assez bon.

Les écosystèmes étant des systèmes complexes, constitués de multiples composants en interaction, le changement d'échelle nécessaire pour caractériser les besoins en eau des écosystèmes à partir de ceux de ces constituants (espèces, individus...) semble délicat, vu leur grande diversité de structure et de fonctionnement hydrologique et écologique (Ramade, 1984, Fustec et *al.*, 2000 ; Vassilis, 2008). En effet, comme le stipulent Witte et *al.*, 2004, chaque plante a des besoins spécifiques vis-à-vis de son environnement, qui s'expriment notamment en termes de température, de lumière, de disponibilité en eau, en oxygène, en nutriments, etc. ; et de variation de ces paramètres dans le temps. De même les différentes espèces de poissons, et différents stades de croissance au sein d'une même espèce, ont des besoins en eau spécifiques (hauteur, vitesse, teneur en oxygène, etc.), et les besoins des uns et des autres ne sont pas forcément entièrement compatibles (Souchon et *al.*, 2004).

Nous convenons avec Leroy (2006), CdBRMC (2001), Muller et *al.*, 2001, WCD (2000) et Acreman (1999) qu'un régime de crues et d'inondations régulières est fondamental pour l'ensemble des écosystèmes riverains, dont la structure et le fonctionnement dépendent directement des caractéristiques de la nappe (hauteur et fluctuations saisonnières) et du régime fluvial (débit moyens et saisonniers, amplitude, durée et fréquence des inondations). Aussi, la date, la durée, la fréquence, le débit maximal des inondations ainsi que les vitesses et hauteurs d'eau sont des éléments critiques pour ces écosystèmes aquatiques et riverains. Un enjeu environnemental fondamental est donc de maintenir un retour périodique des inondations, ou de maintenir une crue artificielle à partir des barrages, afin qu'en terme de débits une certaine pulsation soit maintenue (Leroy, 2006 ; Beilfuss et Davies, 1999; Acreman, 1999).

Les besoins en eau de la végétation des berges du Nakanbé ont été calculés dans un contexte d'existence d'ouvrages hydrauliques sur le cours d'eau. Cela ne nécessite pas une intervention quelconque au niveau des ouvrages (ouverture de vanne ou autre), mais implique un changement de perception et de mode de gestion. En effet, l'occupation de l'espace, l'envahissement des berges des cours d'eau pour les cultures de contre saison, l'usage d'engrais, l'usage de pesticide dans la pêche, la coupe de la végétation des berges, etc., conduisent à une dégradation certaine du cours d'eau (ensablement, pollution). La régulation des activités anthropiques au niveau des cours et plans d'eau est donc un préalable au bon fonctionnement des hydrosystèmes. C'est aussi, dans un tel contexte de régulation que

l'observation d'un débit environnemental requis aura un impact sur le bon fonctionnement des écosystèmes humides.

Au Burkina Faso les textes de loi tant pour l'occupation de l'espace (respect de la bande de servitude au niveau des cours et plans d'eau) que pour la mise en place d'un débit environnemental existe. En ce qui concerne les ressources en terres agricoles attenantes aux cours d'eau, l'article 77 de la réforme agraire et foncière (RAF) stipule que « les fonds de terre riverains des cours d'eau, lacs, étangs, supportent une servitude de passage sur une largeur de cent (100) mètres sur chaque rive ou sur tout le pourtour selon le cas ». Si l'on se fonde sur les textes de loi, la zone de servitude des cours d'eau englobe la presque totalité des exploitations maraîchères installées le long des cours d'eau. Ces espaces sont généralement convoités parce que plus fertiles que les terres de plateau et aussi d'accès facile à l'eau d'irrigation (Sanou, 2003 ; Lamizana-Diallo, 2007). C'est l'application sur le terrain de ces textes qui fait défaut. Un travail de sensibilisation et d'information sur le respect de ces textes environnementaux doit être mené pour préserver les écosystèmes humides et les fonctions essentielles qui s'y rattachent pour le bénéfice des populations riveraines.

La fixation de débits environnementaux devrait se faire dans le contexte de cadres d'évaluation plus larges contribuant à la planification du bassin hydrographique. Ces cadres font partie de la gestion intégrée des ressources en eau et permettent d'évaluer à la fois la situation plus large les objectifs de santé du cours d'eau. Ils se basent sur la participation des parties prenantes pour résoudre les problèmes et incluent des évaluations fondées sur des scénarios de régimes de débits alternatifs. De même, le prix du non établissement des débits environnementaux ne doit pas être sous-estimé. En effet, il est de plus en plus clair que le fait de ne pas satisfaire les besoins environnementaux des cours d'eau a des conséquences désastreuses à moyen et long terme pour de nombreux usagers. La prise en compte des besoins en eau des écosystèmes aquatiques revient souvent à réduire la part d'un ou plusieurs secteurs. Ce sont des choix difficiles, mais ils doivent être faits si l'on veut garantir à long terme la bonne santé du bassin et des activités qui s'y déroulent. Pour établir un débit environnemental, il faut envisager un large éventail de conséquences, allant de la protection de l'environnement à la satisfaction des besoins de l'industrie et des hommes.

La politique de gestion des eaux au Burkina Faso est maintenant axée sur la gestion intégrée des ressources en eau. A ce titre, la gestion des ouvrages hydrauliques doit prendre en compte l'ensemble des besoins environnementaux et sociaux des zones affectées par ces ouvrages. L'utilisation de WEAP, qui est un modèle d'allocation de l'eau permet de prendre en

compte les besoins en eau évalués des écosystèmes humides. La gestion de l'eau suivant ce modèle dans un contexte de gestion intégrée des ressources en eau, permettrait sans doute de sauvegarder les écosystèmes et partant, les moyens d'existence des populations riveraines fortement dépendantes de ces écosystèmes.

Durant la phase de planification, il est important de s'assurer que les stratégies d'exploitation du barrage ou du réservoir sont conformes aux exigences des débits environnementaux. Il est essentiel de prévoir de la souplesse, non seulement pour satisfaire les normes du moment mais aussi pour s'adapter aux éventuels changements de réglementation, d'utilisation et de climat. Pendant les années de construction et de remplissage du réservoir, des dispositions relatives aux débits environnementaux doivent être prises. Des lâchers d'eau expérimentaux durant les premières années d'exploitation seront nécessaires pour tester les régimes de débit et réduire les incertitudes inhérentes à la prédiction de la réaction du cours d'eau aux débits environnementaux. Le Burkina Faso compte un grand nombre de barrages. Les options permettant de modifier les lâchers de ces barrages dépendent du type de barrage, des politiques en la matière et de l'état des principaux équipements et structures d'évacuation d'eau. L'accent mis sur la modernisation et la performance des barrages existants, peut contribuer à optimiser leur gestion et à mettre en œuvre les débits environnementaux. Une fois établi un régime réservé répondant aux objectifs écologiques fixés, il faut vérifier que sa mise en place est compatible avec les autres usages et élaborer des plans de gestion adéquats.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus au terme de cette étude ont permis de mettre en évidence l'impact de la crue fluviale sur les écosystèmes humides du Nakanbé et sur les conditions de vie des populations riveraines. Ils ont révélé la forte dépendance des populations riveraines vis-à-vis des ressources naturelles du Nakanbé et ont aussi montré l'interaction qui existe entre la crue fluviale et l'existence de ces ressources, particulièrement la végétation des berges des cours d'eau.

Relativement à l'importance socio-économique des ressources naturelles du Nakanbé, les résultats de l'étude ont révélé que les cours d'eau, leurs berges et les alentours du cours d'eau constituent un pilier essentiel dans les stratégies de vie des populations riveraines. Ce sont effectivement les lieux d'approvisionnement en diverses ressources (eau, végétation, poissons, terre, sable, gravier,...) et aussi les lieux de pratique de différentes activités (pêche, maraîchage, élevage, confection de brique). 84% de la population enquêtée utilise soit l'eau du cours d'eau, soit l'eau des barrages existants dans la zone pour des usages divers : maraîchage (62%), élevage (25%), pêche (5%). Les plantes des berges des cours d'eau servent également à différents usages (médicinal, alimentaire, fourrager, artisanat, ...). L'analyse des sources de revenus monétaires des populations dans ces villages a montré une forte dépendance vis-à-vis du cours d'eau et des barrages.

Pour ce qui est des barrages existants sur le Nakanbé (et ses affluents), les résultats ont montré qu'ils ont un impact sur le régime du cours d'eau, sur le fonctionnement des écosystèmes humides et sur les moyens d'existence des populations riveraines. Ces barrages ont occasionné une modification du régime fluvial et de la qualité de l'eau. Ainsi, la vocation hydroélectrique du barrage de Bagré a transformé le régime temporaire du cours d'eau en un régime fluvial permanent à l'aval. Les déversements d'eau vers l'aval se font à la base de l'ouvrage et concerne alors des eaux hypolimniques du fait de la thermostratification qui existe au niveau du plan d'eau de ce barrage. Ces eaux sont de faible qualité biologique, très défavorables au développement des organismes aquatiques et notamment des poissons. Au niveau des autres barrages (Loumbila, Ziga), il y a réduction du régime fluvial à l'aval et un tarissement précoce du cours d'eau dans la portion aval.

L'étude a mis en évidence que la modification des facteurs physico-chimiques du milieu a entraîné des impacts biocénétiques sur le Nakanbé et les écosystèmes humides associés. Les barrages ont créé également une modification au niveau de la quantité et de la composition de

la faune piscicole et une perturbation au niveau de la migration des poissons. L'existence des plans d'eau ont induit aussi une augmentation de la pression anthropique sur les ressources naturelles : extension des zones culturales, progression rapide des sols nus au détriment des formations végétales naturelles, ensablement des cours d'eau, pollution par les engrais et pesticides.

Cependant, l'étude a mis en exergue qu'au Burkina Faso, les retenues d'eau constituent des éléments essentiels de développement économique et social. Elle a révélé que le barrage est le principal pourvoyeur d'emploi notamment en période de contre saison. Il contribue à la sécurité alimentaire des populations et à la réduction de l'exode rural. Ainsi, bien qu'améliorant les conditions de vie des populations riveraines, l'existence de ces barrages, et surtout leur gestion, ont créé des impacts négatifs sur le Nakanbé et les écosystèmes humides associés. La couverture végétale joue un rôle très important dans la protection des sols des rives des cours d'eau. Cette fonction protectrice du couvert végétal est fragilisée par l'homme à travers ses multiples aménagements du paysage. La disparition de la strate arborescente, voire parfois arbustive et herbacée occasionne généralement une déstabilisation de la berge, à une forte altération des capacités autoépurations des cours d'eau et à un appauvrissement considérable de la faune et de la flore.

Les résultats du suivi floristique, du suivi de l'inondation et les enquêtes socio-économiques ont montré que les ressources naturelles du Nakanbé dépendent de la présence de l'eau apportée par une crue fluviale. En ce qui concerne la végétation, les résultats ont révélé une répartition spatiale des espèces suivant un sens longitudinal (amont-aval) et un sens transversal (rive droite, rive gauche) ainsi qu'une variation de la flore dans le temps caractérisée par l'apparition et la disparition des hygrophytes suivant les phases d'inondation et d'exondation. Cette végétation est donc intimement liée à un régime hydrique particulier, qui assure la survie des espèces présentes. Les résultats ont fait ressortir qu'il y aurait une interdépendance de la végétation des berges, des espèces de poissons présents au niveau du bassin du Nakanbé et les phases d'inondation et d'exondation.

L'étude a enfin permis de montrer que la satisfaction des besoins en eau de la végétation des berges aurait donc un avantage tant sur la flore que la faune des écosystèmes riverains du Nakanbé et partant, sur les conditions de vie des populations riveraines. Elle a par ailleurs proposé une méthodologie d'évaluation des besoins en eau de ces écosystèmes pour leur bon fonctionnement.

Au vu des résultats auxquels nous sommes parvenue, nous pouvons conclure qu'un écoulement libre d'un fleuve a généralement des avantages qui lui sont associés, et c'est une erreur d'assumer que les coûts d'opportunité pour altérer l'écoulement naturel d'un fleuve seront nuls. La restauration de l'écosystème est un effort à long terme et les avantages socioéconomiques connexes prennent du temps à se matérialiser. Les besoins de l'écosystème doivent être synchronisés avec les besoins des populations riveraines dont les moyens d'existence se basent en grande partie, sur les activités dépendantes de l'inondation, telles que la pêche, la cueillette de produits sauvages, l'élevage, les cultures de décrue.

Au terme de cette étude, certaines questions ont pu être soulevées. L'ensemble de ces questions ouvre de nouveaux horizons de recherche qui peuvent se résumer comme suit :

- L'examen de l'interaction entre la végétation des berges et les poissons s'est limité aux rôles de frayère, de refuge et alimentaire sans toutefois identifier de façon précise le type de végétation des berges consommé par les poissons, il serait donc intéressant d'approfondir cet aspect.
- L'importance de l'inondation dans la dynamique de la végétation des berges a été démontrée et une méthode d'évaluation d'un débit environnemental préconisé. Il est donc nécessaire de prendre en compte les besoins en eau de « cet usager » qu'est l'écosystème dans un modèle d'allocation de l'eau dans la gestion du bassin du Nakanbé, d'en évaluer les résultats et de l'appliquer sur d'autres bassins hydrographiques du Burkina Faso.
- La topographie intervient dans les interactions entre les différentes composantes de l'écosystème, il serait nécessaire de mener une étude topographique plus fine pour déterminer un débit environnemental plus affiné.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acreman M.C. et Hollis G.E., 1996. Water Management and Wetlands in Sub-Saharan Africa. (Eds) IUCN, Gland, 176 p.
- Acreman, 1999. L'hydrologie des zones humides. Publication Medwet – Tour du Valat, Conservation des zones humides méditerranéennes Vol. 10. Arles, 110 p.
- Acreman M.C., Farquharson, F.A.K., McCartney, M.P., Sullivan, C., Campbell, K., Hodgson, N., Morton, J., Smith, D., Birley, M., Knott, D., Lazenby, J., Wingfield & Barbier, E.B., 2000. Managed flood release from reservoirs: issues & guidance. Report to DFID and the WCD. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK. 81p.
- Acreman M. C. et Dunbar M. J., 2004. Defining environmental river flow requirements- a review. *Hydrology & earth system sciences* 8(5): 861-876
- Adams W., 2000. *The Social Impact of Large Dams: Equity and Distribution Issues*, Thematic Review I.1 prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, SA. 27p.
- Addo-Ashong, F.W., 1969 Effect of inundation of trees and on wood decomposition. *In* Man-made lakes: the Accra Symposium, edited by L.E. Obeng. Accra, Ghana Universities Press for Ghana Academy of Sciences, pp.292–7
- Adeniji, H.A., 1977 Drought and water management: Effect on some major limnological factors in Kainji Lake, Nigeria. Paper presented at the Conference on the aftermath of the drought in Nigeria, Kano, 17–20 April, 1977 (mimeo).
- Amoros C. et Petts G.E., 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*. Collection d'écologie, N° 24, Masson, Paris, 297p.
- Arbonnier M., 2000. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD, MNHN, UICN, 541p.
- Arthington A.H. et Zalucki J.M. (eds), 1998. Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of methods. Land and water resources research and development corporation occasional paper n°27/98. Canberra, 46pp.
- Avault, J.W. Jnr, R.W. Smitherman et E.W. Shell, 1968. Evaluation of eight species of fish for aquatic weed control. *FAO Rep.*, 44 (3):109–122
- Beilfuss, R.D. et Davies, B.R., 1999. Prescribed Flooding and Wetland Rehabilitation in the Zambezi Delta, Mozambique, pp. 143-158, In : Streever, W. (Ed.), 1999. An International Perspective on Wetland Rehabilitation. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 338p.

- Baijot E., Moreau J. et Bouda S., 1994. *Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne, cas du Burkina Faso*. CTA, Commission des communautés européennes, D.G. VIII D5 250 p.
- Barbier E. B., Acreman M. C. et Knowler D., 1997. Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners. Ramsar Convention, Gland.
- Barbier B., Koutou M., Lamizana B. et Yonkeu S., 2008. Pourquoi préserver les zones humides ouest africaines-*In* Leclerc M-C et Scheromm P. Questions Ouvertes- L'eau, une ressource durable ? Agropolis International-CRDP, Montpellier, France. Pge 62-65 ;
- Barry B., Obuobie E., Andreini M., Andah W., Pluquet M., 2005. The Volta River. Comparative study of river basin development and management. IWMI, 198 p.
- Beck J.S. et Basson G.R., 2003. The hydraulics of the impacts of dam development on the river morphology. WRC Report n° 1102/1/03. Pretoria, SA. 216p.
- Berhaut J., 1967. *La flore du Sénégal*. Eds. Clairafrique, Dakar. 465p.
- Bidon S., 1995. *Etude de l'impact du barrage de Bagré (Burkina Faso) sur le secteur maraîcher : enquêtes sur trois villages de la zone amont*. Ouagadougou : ORSTOM, 1995, 68 p. multigr. DESS : Nutrition et Alimentation dans les Pays en Développement, Université de Montpellier 2. Montpellier.
- Borrell T., 2000. Etude de la dégradation du couvert végétal dans le sous-bassin de Tougou. Bassin supérieur du Nakanbé, Centre –Nord du Burkina. Rap. de stage, ETSHER. 45p.
- Boulet R., 1968. *Carte pédologique de reconnaissance de la république de Haute-Volta*.
- Boutillier J.L., Quesnel A. et J. Vaugelade, 1977. "Systèmes socioéconomiques Mossi et migrations", *Cahier des Sciences Humaines*, vol. XIV, n°4, pp. 361-381.
- Breman H., Ketelaars J.J.M.H., van Keulen H., de Ridder N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Eds. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA. Paris. 486p.
- Brock M. A., 2000. How do water regime and grazing alter the productive capacity of aquatic plants? Botany, rural sci. & nat. res. Univ. of New England for Envir. Australia.
- Calkins P., Janelle C., Lambert R., 1996. Mesure et profil de la pauvreté en milieu rural au Burkina Faso. Agroalimentaire n°3. Univ. Laval. Quebec. 21p.
- Comité de Bassin Rhône Méditerranée et Corse (CdB-RMC), 2001. Agir pour les zones humides en RMC. Fonctionnement des zones humides. Première synthèse des indicateurs pertinents. Guide Technique SDAGE n°5, Mai 2001.
- Cecchi P., Arfi R., Bouvy M., 2002. Prolifération phytoplanctonique, alimentation en eau des populations et risques sanitaires. In Environwater 2002. pp 469-484.

- Cecchi P., Meunier-Nikiema A., Moirroux N., Sanou B. et Bougaire F., 2007. Why an Atlas of Lake and Reservoirs in Burkina Faso. Communication, 8TH Africa Conference Africa GIS, 19-23th Sept., Ouagadougou.
- Chatfield C. et Collins A.J., 1980. Introduction to Multivariate Analysis, Chapman and Hall, London pp. 189-210.
- Chuzeville B., 1990. Hydrologie tropicale et appliquée en Afrique Subsaharienne. Maitrise de l'eau- Min. de la Coop. et du Développement. Agridoc Intern. Paris. 275p.
- Da M., 2006. Les impacts du barrage de Ziga sur les activités pastorales des populations riveraines. Mémoire DESS Zones Humides, Université de Ouagadougou. 61p.
- Daget J. et Durand J.R., 1981. Poissons. p. 687-771. In J.R. Durand and C. Lévêque (eds.) Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-Soudanienne. Tome II. Éd. de l'ORSTOM, Coll. Init. Doc. Techn. 45: 391-873.
- Davies P.M., Bunn S.E., and Balcombe F., 2003. Final report to Environment Australia- Importance of Flood flows to the productivity of dryland rivers and their floodplains. Final report to environment Australia, New England, Australia. Inédit.
- Davis R., Hirji R., 2003. Environmental Flows: Concepts and Methods. Water Resources and Environment. Tech. Note C.1. The World Bank, Washington D.C., U.S.A.
- Davis J.A., Froend R.H., Hamilton D.P. Horwitz P., McComb A.J., Oldman C.E., et Thomas D., 2001. Environmental Water Requirement to maintain wetlands of national and international importance. Environmental flows initiative technical report n°1. Commonwealth of Australia, Canberra. 181p.
- Dawson S., Manderson L. et Tallo V. L., 1995. Le manuel des groupes focaux- Méthodes de recherche en Sciences sociales sur les maladies tropicales n°1 (IDR/SER/MSR/92.1)- International Nutrition Foundation for Developing Countries (INFDC), Boston, MA, Etats-Unis d'Amérique.
- De Groot R., Wilson M. et Bouman R. M. J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economies 41: 393-408
- Der G. et Everitt B.S., 2001. A handbook of Statistical Analysis using SAS. Eds. Chapman & Hall/CRC. 360p.
- DGIRH, 2005. Synthèse des ressources en eau au Burkina Faso. Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques. Rapport, Ouagadougou. 68p.
- DGRE, 2008. Présentation et discussion du modèle du bassin du Nakanbé. Comm. Pers.

- DHI, 2008. MIKE BASIN, a versatile Decision Support Tool for Integrated Water Resources Management and Planning. Inédit.
- Diello P., Mahé G., Paturel J.E., Dezetter A. et Delclaux F. (2005). "Relations indices de végétation - pluie au Burkina Faso : cas du bassin versant du Nakambé." *Hydrological Sciences Journal* 50(2): p. 207-222.
- Diello P., Paturel J. E., Mahé G., Karambiri H. et Servat E., 2006. Méthodologie et application d'une démarche de modélisation hydrologique prenant en compte l'évolution des états de surface en milieu sahélien d'Afrique de l'Ouest. 5th FRIEND World Conference - Water Resource Variability: Processes, Analyses and Impacts, La Havana, Cuba, IAHS Publ. 308, 691-697.
- Diendere A.A., 2006. Action collective et aménagement du barrage de Itenga au Burkina Faso. Mémoire de DEA. UFR/SEG- Université de Ouagadougou. 55p.
- Dufrêne M. et Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species : the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 (3) : 345-366.
- Duvail S., Hogan R., Mwambeso P., Xi Nandi R., Elibariki R. et Hamerlynck O., 2008, « Apport de la cartographie à la gestion locale des ressources renouvelables dans les villages du district de Rufiji (Tanzanie) », *Norois*, 196 | 2005/3, mis en ligne le 15 décembre 2008.
- Dugan P.J., 1992. La conservation des zones humides : problèmes actuels et mesures à prendre. UICN, Gland.100p.
- Dyson M., Bergkamp G., Scanlon J., (eds) 2003. Flow. The essentials of environmental flow. IUCN, Switzerland and Cambridge. XIV+118p.
- Everitt B.S., Landau S., et Leese M., 1997. Cluster analysis. Eds. 4th Ed. Edward Arnold. London.
- FAO, 1995. Revue du secteur des pêches et de l'aquaculture : Burkina Faso. Circulaire sur les pêches n° 888, 20p.
- FAO, 2001. Dams, Fish and Fisheries- Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO fisheries Technical paper n°419.
- Fontès J. et Guinko S., 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol au Burkina Faso, Notice explicative. Min. de la coopération française, Toulouse, 67 p.
- Fournier A., 1991. Phénologie, Croissance et production végétale dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variation selon un gradient climatique. (eds) ORSTOM. pp. 33, 89 et 129.

- Fraissé T., 1999. Protection et végétalisation des zones de marnage des plans d'eau, guide méthodologique. Les études des agences de l'Eau, no 66. 96pp.
- Fustec E. et Lefeuvre J.C., 2000. Fonctions et valeurs des zones humides. Paris. Dunod 426 p.
- Ganamtore K. et Idani A., 2002.- Environnement et lutte contre la pauvreté. In : Mamadou Amadou : Rapport d'activités 2001-2002 du Club des Amis de l'Environnement EIER-ETSHER. Ouagadougou. pp.24-37.
- Garba M., 1984. Contribution à l'étude de la flore et de la végétation des milieux aquatiques et des sols hydromorphes de l'ouest de la république du Niger, de la longitude de Dogondoutchi au fleuve Niger. Thèse de 3ème cycle, Univ. Bordeaux III.
- Goulding, M. 1980. The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history. Univ. of California Press, Berkeley, CA. 280 pp.
- Guenda W., 1996. Etude faunistique, écologique et de la distribution des insectes d'un réseau hydrographique de l'Ouest africain : le Mouhoun (Burkina Faso) ; rapport avec *Simulium damnosum* Theobald, vecteur de l'onchocercose. Thèse d'Etat, Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix Marseille III, pp. 13-50.
- Guinko S., 1984. *Végétation de la Haute-Volta*. Thèse d'Etat, Univ. de Bordeaux III. 318 p.
- Hawkins, D. M., 1980. Identification of outliers. Monographs on Applied Probability and Statistics. *Chapman & Hall, London-New York*, 1980. x+188 p.
- He, H., Zhou J. , Wu Y., Zhang W., Xie X., 2007. Modelling the response of surface water quality to the urbanization in Xi'an, China. *Journal of Environmental Management* (2007), In Press.
- Hien F., Compaoré J.A. et Coulibaly-Somé O, 1996. La dynamique de la dégradation des sols dans le bassin de Nakanbé: une étude diachronique dans le secteur des forêts classées de Bissiga-Nakanbé au Burkina Faso. In: R. Escadafal et al. (eds.) *Monitoring soils in the environment with remote sensing and GIS*. ORSTOM eds, 523-530.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G. et Jarvis A., 2005. Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* ; 25 : 1965-78.
- Hottin G. et Ouedraogo O.F., 1978. *Carte géologique de la République de Haute-Volta. Echelle 1/1 000 000*. Direction de la Géologie des Mines, Rép. de Haute-Volta.
- Houde-Fortin M.-A. et Gibeault F. C., 2007. *Revue de littérature sur les composantes écologiques du Grand lac Saint-François - Impacts du marnage*. Ministère des res.

- Nat. et de la faune du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. 33 p
- Hudon, C. 1997. Impact of water level fluctuations on St. Lawrence River Aquatic vegetation *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 54 (12) : 2853-2865.
- Hunter J.M., Rey L., Chu K.Y., Adekolu-John E.O. et Mott K.E., 1994. Parasitoses et mise en valeur des res. hydriques : un impératif : la négociation intersectorielle. OMS. 174p.
- Hutchinson J., Dalziel J.M, Keay R.W.J., 1958. Flora of West Tropical Africa. vol. I part. 2. 828p.
- IUCN, 2000. Rehabilitation of the Waza-Logone Floodplain. Republic of Cameroon. A Strategy for Sustainability- Project Phase IV. IUCN - ROCA.
- IWMI, 2004. Growing more rice with less water: Increasing water productivity in rice- based cropping systems: Progress of research, 1 July 2002 to 30 June 2003. Colombo, Sri Lanka. IWMI. vi, 59p. (IWMI working paper 65)
- Iza A., 2002. "Environmental Flows" and International Watercourses. In *IUCN Environmental Law Programme Newsletter*, Issue no. 1 : 4 -7.
- Jackson D.C. et G. Marmulla. 2001. The influence of dams on river fisheries. Pages 1-44 in G. Marmulla, editor. Dams, fish and fisheries: opportunities, challenges and conflict resolution. UNFAO. Fisheries Technical Paper 419.
- Jackson D.C. et Davies W.D., 1988a. The Influence of Differing Flow Regimes on the Tailwater Fishery below Jordan Dam (Coosa River, Alabama). Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies 40(1986): 36-46.
- Jackson D.C. et Davies W.D., 1988b. Environmental Factors Influencing Summer Angler Effort on the Jordan Dam Tailwater. *North American Journal of Fisheries Management*. Vol. 8 : 305-309.
- Jackson P.B.N. et Davies, B.R., 1976. Cabora Bassa in its first year: some ecological aspects and comparisons. *Rhod. Sci. News* 10, 55 :128-313
- Jajuga K., Sokolowski A., et Bock H., 2002. Classification, clustering & data analysis. Springer, eds. 492p.
- Jordanova A.A., Birkhead A.L., James C.S. et Kleynhans C.J., 2004. Hydraulics for determination of the ecological reserve for rivers. WRC report n°1174/1/04.
- Kaboré B., Badji G. et Ouattara B., 2005. Evaluation de la contribution socio-économique de la pêche au PIB et au développement rural. Rapport FAO, 60 p.

- Kaloga B., 1968. Carte pédologique de reconnaissance de la République de Haute-Volta. Centre Sud, 1/ 500 000. ORSTOM, Dakar, 251 p.
- Kambiré J. M., 2002.- Environnement et lutte contre la pauvreté. In : Mamadou Amadou : Rapport d'activités 2001-2002 du Club des Amis de l'Environnement EIER-ETSHER.
- Kanziémo L., 1999. Etude de la dégradation du couvert végétal dans le bassin versant de Bourzanga. Mémoire de fin d'étude. EIER. 64p.
- King J.M., Tharme R.E. et Brown C., 1999. Definition and implementation of Instream flows- Prepared for thematic review II.1: Dams, ecosystem functions and environment restoration- University of Cape Town.
- King J.M., Tharme R.E. et De Villiers M.S., 2000. Environmental Flow Assessment for rivers: manual for BBM. WRC n°TT131/00. Pretoria.
- King J.M., Brown C.A., Paxton B.R. et February R.J., 2004. Development of DRIFT, a scenario-based methodology for environmental flow assessments. WRC Report N°1159/1/04.
- Knight S.M., 2001. Environmental Water Requirement to groundwater dependant ecosystem. Environmental flows initiative technical report n°2. Commonwealth of Australia, Canberra.
- Kone K., 2006. Les retenues d'eau : facteurs de dynamiques socio-économiques- Cas du barrage de Nagbangré dans le département du Koubri (Province du Kadiogo). Mémoire de DESS en Conservation et utilisation durable des zones humides. Univ. de Ouagadougou. 69p.
- Korsgaard L., 2006. Environmental flows in Integrated Water Resources Management: linking flows, services and values. PhD Thesis. Institute of Environment and Resources. Technical University of Denmark. 74p.
- Kristensen M. et Lykke A.M., 2003. Informant based valuation of use and conservation preferences of savanna trees in Burkina Faso. *Economic Botany*, 57- p 203-207.
- Kruskal J. B. (1964) Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29:1-27.
- Kruskal J. B. et Wish M. (1978) *Multidimensional Scaling*. Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, number 07-011. Sage Publications, Newbury Park, CA.
- Lamizana-Diallo M. B., 2005. Effet du régime de la Crue Naturelle fluviale sur les hygrophytes- cas d'un bief du Massili (Burkina Faso). Mémoire de DEA, option Biologie et Ecologie Végétale. Univ. de Ouagadougou. 77 p.

- Lamizana-Diallo M. B., Pallo F. et Millogo-Rasolodimby J., 2007. Caractéristiques des sols inondés des berges du Massili et leur influence sur la répartition des hygrophytes, Burkina Faso. Vol 29, n°1&2. Sci. et Techn., Sciences nat. et agronomie. p7-23.
- Lamizana-Diallo M. B., Ouoba P. et Millogo-Rasolodimby J., 2008a. Interaction zones de marnage et répartition des hygrophytes le long d'un bief du Massili.TSM. La revue mensuelle des spécialistes de l'environnement n°1, Astee, Paris. p25-35.
- Lamizana-Diallo M. B., Kenfack S. et Millogo-Rasolodimby J., 2008b. Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso – Le cas du Massili dans le Kadiogo. Sud Sc. et Tech. n°16, 2iE. pp 23-28.
- Lamotte S., 1992. Essai d'interprétation dynamique des végétations en milieu tropical inondable- la plaine alluviale de haute amazonie. Thèse 3^{ème} cycle., Université Montpellier II, 470 p.
- Lebart L., Morineau A. et Piron M, 2002, *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, Paris, Dunod, 437 p.
- Le Bourgeois T. et Merlier H., 1995. *Adventrop*. Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. CIRAD-CA (eds.), Montpellier. 640p.
- Legendre, P. et Legendre, L., 1998. Numerical ecology. Translated and revised from the second French (1984) edition. 2nd English edition. Developments in Environmental Modelling, 20. *Elsevier Science B.V., Amsterdam*, 1998. xvi+853 pp.
- Leroy M., 2006. Gestion stratégique des écosystèmes du fleuve Sénégal : actions et inactions publiques internationales. Paris, L'Harmattan, 623 p.
- Leveque C., 1998. Biodiversité et gestion des systèmes aquatiques continentaux. Rev. Sci. Eau 11 (nSpécial) : 211-221.
- Leveque C., 2003a. African freshwater fish and fisheries : a biological and cultural heritage. *Annales des Sciences Zoologiques*, 288, p. 11-27.
- Leveque C., 2003b. Des lacs en équilibres instable? In : Cormier Salem Marie-Christine (Ed). IRD, La terre. P 46-47.
- Luc J-P., 2006. La petite irrigation villageoise, enjeux et stratégies d'un développement durable pour l'agriculture au Burkina Faso. Master de Développement Rural et Projets, Université de Montpellier, 123p.
- Lykke A.M., 2000. Refining the ecological aspects of disequilibrium theories for Africa's pastoral drylands. Desertification control Bulletin, 36. p 23-33.
- Lykke A.M. , Kristensen M.K et Ganaba S., 2004. Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel-Biodiversity & conservation 13, 1961-1990.

- Mahé G., Paturel J. E., Servat E., Conway D. et Dezetter A., 2005. "The impact of land use change on soil water holding capacity and river modelling in the Nakambe river, Burkina Faso." *Journal of Hydrology* 300(1-4): p. 33-43.
- Marchal J.Y., 1983. Yatenga, Nord Haute-Volta : la dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. Travaux et documents de l'ORSTOM n°167. ORSTOM, Paris.
- McCune B. et J. B. Grace. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software, Gleneden Beach , Oregon. 304 p.
- MECV et SP/CONEDD, 2006. *Programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA du Burkina Faso)*, Ministère de l'environnement et du cadre de vie et le Secrétariat Permanent du Conseil National pour L'environnement et le développement durable, Ouagadougou. 76p.
- MEE, 1998. Programme d'Action National de lutte contre la désertification. Ouagadougou. 90p.
- MEE, 2000. Eau n°00. Trimestriel d'information du Programme de Gestion Intégrée des Ressources en Eau du Burkina Faso.
- MEE, 2000. Eau n°02. Le Bassin du Nakambé- Problématique de l'édéquation entre les besoins et la disponibilité des ressources en eau. Trimestriel d'information du Programme de Gestion intégrée des Ressources en Eau du Burkina Faso.
- MEE, 2001 : État des Lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion. Rapport version finale, Burkina Faso. 243 p.
- Millogo-Rasolodimby J., 2001. L'homme, le climat et les ressources alimentaires végétales en période de crise de subsistance au cours du 20ème siècle au Burkina Faso. Thèse d'Etat, Univ. de Ouagadougou. 252p.
- Moniod F., Pouyaud B. et Sechet P., 1977. Le bassin du Fleuve Volta. Monographies Hydrologiques de l'ORSTOM, Paris, 513 p+ 4 cartes.
- Morin G., 1991. Le modèle hydrologique CEQUEAU : exemples d'application- in, Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris.
- Nakache J-P. et Confais J., 2005. Approche pragmatique de la classification: arbres hiérarchiques, partitionnements. Eds.TECHNIP. 262 p.
- Nebie O., 1996. Les aménagements hydro-agricoles au Burkina Faso : analyse et bilan critiques, in Bulletin du réseau irrigation Afrique de l'Ouest, n°006, spécial Burkina Faso. pp 35-44

- Nemec J. et Bellocq A., 1974. Hydrologie opérationnelle. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. 3^{ème} cycle en hydrologie opérationnelle et appliquée. 395p.
- NEPAD/FAO, 2005. Appui à la mise en œuvre du NEPAD-PDDAA. TCP/BEN/2906. Vol. III de V: Programme d'aménagement et de mise en valeur de bas-fonds et de petits périmètres irrigués.
- Niasse M. et Lamizana B., 2004. La prise en compte de l'environnement et du social dans les politiques de l'eau en Afrique de l'Ouest : fondements juridiques et leçons de l'expérience. *IN* La gouvernance de l'eau en Afrique de l'Ouest : aspects juridiques et institutionnels. UICN, Gland, Suisse et Cambridge. Pp 45-60.
- Niasse M., 2002. Equity dimensions of dams-Based water resources development-Winners and Losers. In Steffen, Will: Jäger, J.; Carlson, D.J.; Bradshaw, C. (eds). *Challenges of a Changing Earth*. Springer. Paris, Londres. PP 39-43.
- Nombré A., 1996. Aménagement des eaux et des fleuves au Burkina Faso- le cas du Nakanbé, constructions civiles. Ouagadougou. P34-44.
- O'Keffe J., Hughes D. et Tharme R.E., 2002. Linking ecological responses to altered flows, for use in environmental flow assessments: the Flow Stressor-Response method. *Verh. Int. Ver. Limnol* 28:84-92
- Oueda A., Guenda W., Ouattara A., Gourène G., Hugueny B. et Kabré G.B., 2008. Seasonal diet shift of the most important fish species in a sahelo-soudanien reservoir (Burkina Faso). *Journal of fisheries and aquatic sciences* 3(4): 240-251p.
- Oueda A., 2009. Zooplancton et écologie alimentaire des poissons des lacs artificiels de Bagré et de Loumbila (Burkina Faso). Thèse de Doctorat Unique. Laboratoire Biologie et écologie animale. UFR-SVT, Univ. Ouagadougou. 172p.
- Ouedraogo R.L., 1990. Etude de la végétation aquatique et semi-aquatique des barrages de Ouagadougou. Mémoire de DEA, Laboratoire de biologie et d'écologie végétale, Univ. Ouagadougou, 131 p.
- Parent G., Ouedraogo A., Zagré N.M., Compaoré I., Kambiré R. et Poda J.N., 1997. Grands barrages, santé et nutrition en Afrique : au-delà de la polémique. Vol.7 n°6. Montrouge. pp 417-422.
- Paugy D., Traore K. et Diouf P. S., 1994. Faune ichtyologique des eaux douces de l'Afrique de l'Ouest. In : *Diversité biologique des poissons des eaux douces et saumâtres d'Afrique*. G. G.Teugels, J. F. Guegan et J. J. Albaret (Eds.) : MRAC-Tervuren-Belgique. *Ann. Sc. Zool.* 275 : 35 - 47.
- Petr, T. 1971. Volta Lake - a progress report. *New Scientist and Science Journal*, 49: 178-182.

- Petr, T., 1978 Tropical man-made lakes - their ecological impact. *Arch.Hydrobiol.*, 81:368–85
- Poda J.N., Sondo B., Parent G., 2003. Influence des hydro – aménagements sur la distribution des bilarzioses et leurs hôtes intermédiaires au Burkina Faso. Cahiers d'études et de recherches francophones – santé- vol.13 n°1 49-53.
- Ramade F., 1984. Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Paris, Mc Graw Hill, 403 p.
- Ramsar (Secrétariat de la Convention), 2007. Attribution et gestion de l'eau: Lignes directrices relatives à l'attribution et à la gestion de l'eau en vue de maintenir les fonctions écologiques des zones humides. Manuels Ramsar pour l'utilisation rationnelle des zones humides, 3e édition, vol. 8. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.
- Ravenga C., Brunner J., Henninger N., Kassen K. et Payne R., 2000. Pilot analysis of global ecosystems. Freshwater systems. WRI. Washington, DC.)
- Rebillard V., 2006. Détermination et mise en place de regimes reserves pour les cours d'eau. Synthèse technique. Engref-Cemagref, Montpellier. 26p.
- RGPH, 2006. Recensement général de la population et de l'habitation de 2006 du Burkina Faso- Résultats préliminaires.
- Roche M., 1963. Hydrologie de surface – Office de la recherché scientifique et technique. Outre mer. Gauthier-villars. Paris, France. 430p.
- Roussel B., 1987. Les groupements végétaux hydrophiles, hygrophiles et ripicoles d'une région sahéenne (L'Ader Douchi, République du Niger). Thèse ès sci. Nat., Univ. Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, 339 p.
- Rossouw L., Avenant M.F., Seaman M.T., King J.M., Barker C.H., du Perez P.J., Pelser A.J., Roos J.C., Van Staden J.J., Van Tonder G.J. et Watson M. 2005. Environmental Water Requirements in non-perennial systems. WRC report n°1414/1/05.
- Sanou S., 2003. La protection et restauration des berges des cours d'eau. Berega et Yanon dans les localités de Beregadougou –(Province de la Comoé, Burkina Faso). 169p.
- Sawadogo Z., 2005. Impact des stratégies de lutte contre la dégradation des terres autour du lac Bam sur les conditions socio-économiques des populations riveraines. Mémoire de DESS zones humides. UFR/SVT, UICN-BRAO,p 15-18.
- Sene E., Thiaw I. et Lamizana-Diallo B., 2006. Managing Wetlands in Arid Regions: Lessons learned. IUCN, Gland and Cambridge. Xxviii+82 pp.
- Shaheen A.H. et Yosef S.F., 1978. The effect of the cessation of the Nile flood on the hydrographic features of Lake Manzala. Egypt. Arch Hydrobiol 84 : 339–367

- Shaheen A.H. et Yousef S.F., 1980. Physico-chemical conditions, fauna and flora of Lake Manzala. *Water Supply Manag* 4: 103–113.
- Shepard R. N., 1962. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika*, 27: 125-140; 219-246.
- Shrestha S. et Kazama F., 2007 Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques : A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling & Software* 22 (2007) 464-475. Elsevier, ScienceDirect.
- Skinner J., Beaumont N. et Pirot J-Y., 1994. Manuel de formation à la gestion des zones humides tropicales. UICN, Gland. Xviii , ISBN 2-8317-0242-9,274p.
- Socreah 1977. Etude comparative des différents sites de barrage possibles sur la Volta Blanche et ses affluents dans la région de Bagré- choix d'un site pour le barrage- Rapport final. Note de synthèse.
- Souchon Y. et Capra H., 2004. Aquatic habitat modelling: biological validations of IFIM/Phabsim methodology and new perspectives. *Hydroécol. Appl.*, tome 14, Vol. 1, pp. 9-25
- Soulé M., 1999. Perception par la population locale de l'état de dégradation du couvert végétal. Mémoire de fin d'études. EIER. 61p.
- Spaturu P., 1977. Food and feeding habits of *Tilapia zillii* (Gervais) (Cichlidae) in Lake Kinneret Israel. *Aquaculture*, 14:327–338.
- Tharme R.E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*, Vol. 19, pp. 397-442.
- Tennant D.L., 1976. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. In Orsbom, J.F. & Allman, C.H. (Eds). *Instream Flow Needs*. American Fisheries Society, Western Division, Bethesda, Maryland, 359-373.
- Tryon R.C., 1939. *Cluster analysis*. Edwards Brothers, Ann Arbor, MI. 122p.
- Vassilis S., 2008. Caractérisation des besoins en eau des écosystèmes humides méditerranéens. Analyse centre sur les enjeux environnementaux. Engref. Montpellier, 38p.
- White F., 1986. La végétation de l'Afrique- Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique - UNESCO, pp. 115 ; 120 et 293.
- Whitehead P.J., Bowman M.J.S. et Tideman, S.C., 1992. Biogeographic patterns, environmental correlates and conservation of avifauna in the Northern Territory, Australia. *Journal of Biogeography*, 19 : 151-161.

- Wise W. R., Annable M. D., Zalidis G. C., Anastasiadis E. T. et Papadimos D., 2002. Eco-Hydrology and Wetland Restoration. In: G. C. Zalidis, Crisman, T.L. and Gerakis, P.A. (Ed.) Restoration of Mediterranean Wetlands. Themi, Greece, Hellenic Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Centre, pp. 23-33.
- Witte J.P.M., Meuleman A.F.M., Van der Schaaf S. et Raterman B., 2004. Ecohydrology and biodiversity. Chapter 10. In : Feddes R.A., de Rooij G.H., van Dam J.C. (Eds.) Papers for the Frontis Workshop on Unsaturated-Zone Modeling: Progress, Challenges and Applications, Wageningen.
- Wittig R. et Guinko S., 2005. Etudes sur la végétation aquatique du Burkina Faso et des régions avoisinantes. Vol. 9, Francfort et Ouagadougou. 44p.
- World Commission on Dams (WCD), 2000. Dams and development, a new framework for decision making. The report of the World Commission on Dams. November 2000, 356 p., Earthscan Publications Ltd, London.
- Yonkeu S., Maïga A. H., Wethé J., Mampouya M. et Maga G. P., 2003. Conditions socio-économiques des populations et risques de maladies : le bassin versant du barrage de Yitenga au Burkina Faso. EIER, Ouagadougou Burkina Faso. VertigO- la revue en sciences de l'environnement sur le web. Vol.4 n°1.
- Zampaligré I., 1995. Etude des conditions de création d'un sanctuaire de faune dans la zone de Bagré-Amont. Ouagadougou. 40 p.
- Zerbo H., 1998. Relation taille-poids de dix espèces de poissons du lac artificiel de Bagré. Direction des pêches, Ouagadougou. 10p.

ANNEXES

Annexe 1 : Exemple de fiche d'enquêtes utilisée

FICHE D'ENQUETE ETHNOBOTANIQUE ET SOCIO-ECONOMIQUE
(Concernera les villages de Kouï, Dapélogo, Tanghin, Loumbila, Gampéla, Kougri)
(individuels)

I – IDENTIFICATION

Date : N° du questionnaire.....

Région du :Province de :Commune de :

Chef lieu :Village de :Nbre hbts :

Nom - prénoms de l'enquêteur :

MODULE 2 : DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

A. GENERALITE

I/Identification de l'enquêté

1Nom :Prénoms.....2Sexe/ : M (___) ou F(___)

3Age.....4.Ethnie.....5Religion.....

Marié.....Nombre de femmes.....Nombre d'enfants.....

6. Etes vous instruit ? Oui (___) non (___)

7. Si oui, quel est votre niveau d'instruction : (___) 1.alphabétisé 2 Primaire 3.Secondaire

8. Taille du ménage ; 8'. Avez-vous des personnes à votre charge :

9. Etes vous ? 1=autochtone (___) 2=immigré (___) 3=autre(___)

10 .Si immigré, depuis quand ?..... ; D'où venez vous ?.....

II/Identification du type d'usage

1. Utilisez vous l'eau du cours d'eau (du barrage) ? (___) **Oui : 1 Non : 2**

2. Si 1=1 oui, quels usages en faites vous ? (___) (___) (___) (___)

1. Maraîchage 2.Elevage 3. Pêche 4. Construction 5. cultures céréalières, 6. Autres
(précisez).....

3. Quelle est votre activité principale ? (___)

4. Activité secondaire ? (___) (___) (___).....

Activités : **1=marâcher, 2=éleveur, 3= pêcheur, 4= tradithérapeute, 5= artisan, 6=agriculteur 7=Autre**

5. A votre avis, à qui appartient la retenue (le cours d'eau) ? (___)

1. Aux populations autochtones **2. A l'Etat** 3. A tout le monde 4. Autres

(précisez).....

6. Etes vous membre d'un groupement quelconque ? (___) **Oui : 1 Non : 2**

7. Si 6=1 oui,

lequel ?.....

/_/_
/_/_
/_/_
/_/_
/_/_
/_/_
/_/_
/_/_
/_/_
/_/_
/_/_

Pourquoi ?.....

8. Pratique t-on des sacrifices au barrage ? (___) **Oui : 1 ;Non : 2** au cours d'eau ? (___) **Oui : 1**

Non : 2

pourquoi ?..... ;

III. Identification de la source d'énergie

1. Quelle est votre source d'énergie ? (___) Bois : 1 Charbon : 2 Gaz : 3 autre : 4,
précisez.....

2. Si 1=1 bois, Où vous approvisionnez vous ? (___) Berges : 1 Forêt : 2 marché : 3 autre (4
précisez).....

3. Trouvez vous facilement le bois ? (___) **Oui : 1 Non : 2**

Si 3=1 oui, pourquoi ? (___)

.....

Sinon 3=2, pourquoi ?

.....

4. Avez-vous un bois villageois ? (___) **Oui : 1 Non : 2**

Si 4=1 oui, quelles sont les modalités d'accès ?

.....

Si 4=1non, pourquoi ?

.....

IV/Biens possédés par le ménage

- 1. Lampe à pétrole : **Oui : 1 nombre (___) Non : 2**
- 2. Radio : **Oui : 1 nombre (___) Non : 2**
- 3. Chariot/ charrette : **Oui : 1 nombre (___) Non : 2**
- 4. Bicyclette : **Oui : 1 nombre (___) Non : 2**
- 5. Mobylette/ Moto : **Oui : 1 nombre (___) Non : 2**
- 6. Charrue / Houe Manga : **Oui : 1 nombre (___) Non : 2**
- 7. Houe traditionnelle : **Oui : 1 nombre (___) Non : 2**

B. REVENUS DES POPULATIONS RIVERAINES

Rev 1. Donnez pour chacune des périodes suivantes, une appréciation de votre 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} : (à partir de l'ordre des activités principale et secondaires

Période	Saison 1 (hivernage)	Saison 2 (sèche froide)	Saison 3 (sèche chaude)	Saison 4
Activité 1(___)				
Activité 2(___)				
Activité 3(___)				
Activité 4(___)				

1= marche très bien ; 2=marche moyennement bien ; 3=marche pas bien ; 4=impraticable

Rev 2. Pour chacune des périodes suivantes, estimez vos dans chacune de vos quatre premières activités :

Période	Saison 1(hivernage)	Saison 2 (sèche froide)	Saison 3 (sèche chaude)	Saison 4
Activité 1(____)				
Activité 2(____)				
Activité 3(____)				
Activité 4(____)				

1= revenu supérieur à 100 000 FCFA 2=revenu compris entre 50 000 et 99 999
 3=revenu compris entre 25 000 et 49 999
 4=revenu compris entre 1000 et 24 999 5= revenu nul = 0

Rev 3. Quels sont vos principaux motifs de dépenses ? (____) (____) (____)

1= alimentation 2= soins des membres de la famille 3= soins animaux
 4= éducation des enfants 5=achat outils de travail et investissement professionnels
 6= construction/réfection maison 7=autre

Rev. 4 pouvez-vous estimer le montant de ces dépenses ces six derniers mois pour chacun de ces motifs ?

Motif 1 : (_____) Motif 2 : (_____) Motif 3 : (_____) Motif 4 : (_____)

Rev 5. Lieu de pratique de vos activités

Activités	Lieu
Activité 1(____)	
Activité 2(____)	
Activité 3(____)	
Activité 4	

1= sur la berge 2= loin des berges (dans la plaine alluviale) 3= ailleurs (précisez)

C. SANTE DES POPULATIONS RIVERAINES

San 1. Quel est votre mode de soin principal ? (____) 1=dispensaire 2=pharmacopée 3=les deux

San 2. Que pensez-vous de chaque mode de soin

Mode	Coût	Accès physique
Dispensaire		
Pharmacopée		

Coût : 1= trop chère 2= abordable 3=moins chère
 Accès physique : 1= dans le village ; 2= proche et facile d'accès ; 3= un peu éloigné ; 4= trop éloigné
 5=autre

San 3. Plantes médicinales

Les plantes peuvent-elles soigner toutes les maladies ? (____) **Oui : 1 Non : 2**

Quelles sont les plantes les plus utilisées ?

.....

Pourquoi ?.....

Ces plantes sont-elles disponibles à tout moment ? (____) **Oui : 1 Non : 2**

Si oui, Comment expliquez-vous cette situation ? (____) 1= présence du cours d'eau 2= existante d'une forêt classée 3= autre (précisez).....

Si non, Comment expliquez-vous cette situation ? (___) 1= absence d'eau 2= déforestation 3= autre (précisez)...

V11. Comment cette disparition vous affectent-elles sur le plan sanitaire ? (___)
1= fortement 2= moyennement 3= pas du tout

MODULE 3 : RESSOURCES EN EAU

Votre activité et les zones humides (cours d'eau, lac, barrage)

L'activité se fait :

Activités	Relation avec l'eau
Activité 1	
Activité 2	
Activité 3	
Activité 4	

1= avec beaucoup d'eau 2= une quantité moyenne suffit
3= une faible quantité suffit 4= se fait sans recourir à la ressource eau

Consentement à payer

V66. Supposons qu'on vous dise qu'en payant de l'argent, on peut restaurer la diversité des essences de la forêt ; (ce n'est qu'une supposition) ; quelle somme êtes vous disposé à payer ?

1= plus de 5000 FCFA 2= entre 1000 et 5000 FCFA 3= plus de 1000 FCFA 4= plus de 500 FCFA 5= moins de 500 FCFA 6= 0 FCFA

FICHE D'ENQUETE ETHNOBOTANIQUE ET SOCIO-ECONOMIQUE (Concernera les villages de Kouï, Dapélogo, Tanghin, Loumbila, Gampéla, Kougri) (Personnes ressources)⁷

I – IDENTIFICATION

Date :N° du questionnaire.....

Région du :Province de :Commune de :

Chef lieu :Village de :Nbre hbts :

Nom - prénoms de l'enquêteur :

MODULE 1 : DEMOGRAPHIE ET DYNAMIQUE DU PEUPEMENT

L'objectif de ce module est de permettre une évaluation de la dynamique de peuplement dans le bassin du Massili. Ce module passera également en revue la structure de chaque département et de chaque village concernés.

A. Caractéristiques de la Commune Rurale
(Réservé au maire de la commune rurale)

Distance chef-lieu/commune :

Nombre de villages de la commune :

Population de la commune :

Nombre d'hommes :

Nombre de femmes :

⁷ Une fiche adaptée existe pour les éleveurs, les maraîchers et les pêcheurs.

MODULE 2 : DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

A. DYNAMIQUES SOCIALES (vieux, jeunes, femmes)

- D01.** Quelle est la proportion de familles autochtones? Nouvellement installées?
- D02.** Les habitants migrent-ils beaucoup? **Oui : 1 Non : 2**
- D03.** Si oui ? Depuis quand les migrations se sont-elles accentuées ?
- D04.** Les jeunes migrent-ils beaucoup? Pourquoi?
- D05.** Quelles sont les principales destinations des jeunes migrants ?
- D06.** Quels sont les conflits les plus fréquents dans le département ?
- D07.** Quelles en sont les principales causes ?
- D08.** Quels sont les modes de règlement de ces conflits ?
- D09.** Quelles sont les causes des conflits liés à l'eau ?
- D10.** Quels sont les modes de règlement ? Ces modes sont-ils efficaces ?
- D11.** Le village entretient-il des relations avec les villages voisins ?
- D12.** Quels sont les principaux objets de ces relations ?
- D13.** Avez-vous des organisations villageoises ? **Oui : 1 Non : 2** Dans quels domaines ?

Domaine				
Nom de l'organisation				

- D14.** Ces organisations répondent-elles aux besoins des populations ? **Oui : 1 Non : 2**

Nom de l'organisation				
Appréciation				

1= pas du tout 2= moyennement 3= très bien

- D15.** Quels sont les partenaires de développement intervenant le village ?
- D16.** Quels sont les groupes socioprofessionnels dans le village ?

PROFIL HISTORIQUE c

Historique du peuplement du village (historique sommaire)

Pouvez-vous retracer l'historique du peuplement du village ?

CARTE DES RESSOURCES DU VILLAGE

Pouvez-vous reconstituer la disposition des ressources du village ? (faire une carte à l'aide des pers. Ress. sur du papier) ?

CARTE SOCIALE DU VILLAGE

Pouvez-vous reconstituer la disposition sociale du village ? (faire une carte à l'aide des pers. Ress. sur du papier) ?

C. SANTE DES POPULATIONS RIVERAINES

- V01.** Quelles sont les périodes où les habitants sont les plus malades ? hivernage (___) saison sèche(___), autres(___), (précisez)
- V02.** A quoi cela est-il dû selon vous ?..
- V03.** Comment vous soignez-vous ? au dispensaire(___) achat médicament(___) avec des plantes(___)

V04. Quelle somme minimale une famille peut-elle dépenser en achat de médicaments durant une année ?..... ;

V05. Où trouvez-vous les plantes pour vous soigner ? : sur les berges(____) forêt classée(____) ailleurs(____) précisez.....

V06. Les plantes pouvaient-elles soigner toutes les maladies ?

V07. Ces plantes sont-elles disponibles à tout moment ?

V08. Quelles sont les plantes les plus couramment utilisées pour les soins ?.....

V09 : Y a-t-il des plantes qui ne sont plus disponibles ?

Si oui,

lesquelles ?.....

V10. Si les plantes ne sont plus disponibles, depuis quand cela est-il arrivé ?.....

V11. Quelles sont les principales causes de cette disparition ?.....

V12. Comment cette disparition vous affectent-elles sur le plan sanitaire ?

D. ALIMENTATION DES POPULATIONS RIVERAINES

V13. Quelles sont vos habitudes alimentaires ?

V14. Ont-elles connu des changements ? Lesquels ?.....

V15. Quels sont les facteurs qui ont contribué à ces changements ?

V16. Comment mangez-vous actuellement ?

V17 : Comment ça se compare avec les autres périodes de l'année et avec les années précédentes ?

V18. En quoi diffère la nourriture entre les périodes ? Composition des repas ...ii) nombre de repas.....

V19. Comment ces périodes affectent le village, vous et les membres de votre ménage (hommes, femmes, enfants, vieux) ?

V20. Qui sont les groupes socioprofessionnels les plus touchés ?

V21 : Qui sont les personnes (genre) les plus touchées ? Comment et pourquoi ?

V22. Comment faites-vous pendant des périodes difficiles ? i) solutions internes/endogènes ii) solutions envisagées

V23. Donner les utilisations des espèces des berges du cours d'eau que vous connaissez :

Nom de l'espèce	Mode d'utilisation				Autoconsommation	Vente	Gain/échelle temps
	Alimentation	Fourrage	Pharmacopée	Autres			

V24. Les utilisations sont-elles personnelles ? **Oui : 1 Non : 2**

V25. Combien cela vous rapporte par an, si l'utilisation est commerciale ?

MODULE 3 : RESSOURCES EN EAU

A. PERCEPTION GIRE

V26 : Combien y a-t-il des barrages dans votre localité ? Dans le bassin versant ?

V26(bis) : Pour chaque retenue pouvez-vous donner : la date de création, le volume de stockage, le nombre de fois où la retenue a déversé depuis sa création, les périodes de déversement.

V27 : Selon vous, quels sont les processus qui participent au remplissage des barrages en eau ?

V28 : Quelles sont les activités menées grâce à l'existence des retenues ?

V29 : Existe-t-il des règles de gestion de ces barrages ?

V30 : Si oui, quelles sont ces règles établies ?.....

V31 : Pourquoi ces règles sont-elles établies ?.....

V32 : Respectez-vous toujours ces règles ?

V33 : Quelles sont les sanctions pour ceux qui ne respectent pas les règles établies ?

V34 : Existe-t-il un CLE (comité local de l'eau) dans votre localité ?

V35 : Qui est membre de ce comité (CLE) ?

V36 : Y a-t-il eu des réunions pour sa mise en place ?

V37 : Qui a participé à ces réunions ?

V38 : Participez-vous toujours à des réunions du comité ? **Oui : 1 Non : 2**

V39. Connaissez-vous d'autres usages de l'eau tout au long du cours d'eau ? **Oui : 1 Non : 2**

Si oui, lesquels ?.....

V40. Les ressources actuelles arrivent-elles à satisfaire tous vos besoins en eau ? Sinon, quelles solutions proposez-vous ?

V41. Que faites-vous des revenus tirés de vos différentes activités menées autour des retenues d'eau ?

V 42. L'eau est-elle tarifiée ? A quelles périodes de l'année ? Quel est l'impact de cette tarification ?

V43: Combien y a-t-il de puits et forages ? Quelle est leur profondeur ?

V44: Ces puits et forages tarissent-ils ? **Oui : 1 Non : 2**

V45. Que pensez-vous de la disponibilité et de l'utilisation de l'eau ?

V46. Quelles sont vos sources principales d'approvisionnement en eau potable ?

a. Branchement ONEA(____) **b.** Rivière(____) **c.** Puits(____) **d.** Forage(____)

V47. Quelles sont les maladies d'origine hydrique que vous connaissez ?

B. GESTION DES CONFLITS

V48. Existe-t-il une autorité de gestion des ressources en eau ? **Oui : 1 Non : 2**

V49. Quelle est cette autorité : **a.** Chef de village (____) **b.** Comité de gestion (____) **c.**

Chef de terre (____) d. Conseiller municipal (____) **e.** Autre(____) (à préciser)

V50. Quels sont les conflits les plus fréquents autour des ressources en eau ? (Lister les conflits et poser les questions suivantes par type de conflit identifié)

Types de conflit				
Modes de résolution				
Efficacité				

Mode de gestion : 1= amiable 2= autorité villageoise (chef de village, terre, ..) 3= autorité de gestion de l'eau 4= préfecture / conseil municipal 5= juridictions nationales 6= autre

Efficacité : 1= efficace à tous les coups 2= efficace à plus de 50% des cas 3= efficace à moins de 50% 4= jamais efficace

V51. Quelles sont les principales causes de ces conflits ?

V52. Comment ces conflits sont-ils gérés ? Pensez-vous que ce mode de gestion des conflits est efficace ?

V53. Quels sont les avantages que vous tirez de la présence de l'eau ? 1 : gain de revenus 2 : santé 3 : autosuffisance alimentaire 4 : autre

V54 : Quels sont les problèmes liés à la présence de l'eau que vous rencontrez ? 1 : conflits 2 : maladies 3 : inondation 4 : autres

V55 : Quelles sont les causes de ces problèmes ?

V56 : Que faites vous pour résoudre ces problèmes ? 1 : rien 2 : concertation 3 : autre

V57 : Qui est membre d'un groupement quelconque ? lequel ?..... Pourquoi ?.....

MODULE 4 : POTENTIELS AGRO- SYLVO- PASTORALE

▪ FORESTERIE

V58 : Quels sont les changements intervenus dans l'état des forêts ?

V59 : Quelle est l'ampleur de la dégradation du couvert arboré ?

V60 : Quelles sont les actions communautaires entreprises pour faire face à cette dégradation ?

V61 : Existe-t-il des comités de gestion des forêts ?

V62 : Qu'est-ce que la forêt apporte à votre village ?

V63 : Quels sont les changements constatés dans l'apport de la forêt pour votre village ?

V64 : Depuis quand ces changements ont été constatés ? A quoi attribuez-vous ces changements ?

V65 : Quels sont les acteurs de développement intervenant dans le village pour la conservation de la forêt ?

V66 : Supposons qu'on vous dise qu'en payant de l'argent, on peut restaurer la diversité des essences de la forêt ; (ce n'est qu'une supposition) ; quelle somme êtes vous disposé à payer ?

Annexe 2 : Liste des espèces végétales inventoriées dans la zone d'étude

Index des noms botaniques		
Especes	Famille	Classification
Herbaceae		
1 <i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	ASTERACEAE	Dicotylédone
2 <i>Achyranthes aspera</i> Linn.	AMARANTHACEAE	Dicotylédone
3 <i>Acroceras amplexans</i> Stapf	POACEAE	Monocotylédone
4 <i>Aeschynomone indica</i> Linn.	FABACEAE	Dicotylédone
5 <i>Alternanthera nodiflora</i> R. Br.	AMARANTHACEAE	Dicotylédone
6 <i>Alysicarpus glumaceus</i> (Vahl) DC.	FABACEAE	Dicotylédone
7 <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum. & Thonn.) J. Léonard	FABACEAE	Dicotylédone
8 <i>Ammannia senegalensis</i> Lam.	LYTHRACEAE	Dicotylédone
9 <i>Amaranthus spinosus</i> Linn.	AMARANTHACEAE	Dicotylédone
10 <i>Ampelocissus grantii</i> (Bak) Pl.	AMPELIDACEAE	Dicotylédone
11 <i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	POACEAE	Monocotylédone
12 <i>Englerastrum gracillimum</i> Th. Fries	LABIACEAE	Dicotylédone
13 <i>Aspilia africana</i> (Pers.) C. D. Var. <i>africana</i>	ASTERACEAE	Dicotylédone
14 <i>Blumea aurita</i> (Linn. F.) DC.	ASTERACEAE	Dicotylédone
15 <i>Boerhaavia diffusa</i> Linn.	NYCTAGINACEAE	Dicotylédone
16 <i>Borreria radiata</i> DC.	RUBIACEAE	Dicotylédone
17 <i>Borreria scabra</i> (Schum. & Thonn.) K. Schum.	RUBIACEAE	Dicotylédone
18 <i>Borreria stachydea</i> (DC.) Hutch. & Dalz.	RUBIACEAE	Dicotylédone
19 <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf.	POACEAE	Monocotylédone
20 <i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) C.E. Hubbard	POACEAE	Monocotylédone
21 <i>Cassia mimosoides</i> L.	CAESALPINIACEAE	Dicotylédone
22 <i>Cassia tora</i> L.	CAESALPINIACEAE	Dicotylédone
23 <i>Cleome viscosa</i> L.	CAPPARACEAE	Dicotylédone
24 <i>Commelina benghalensis</i> L.	COMMELINACEAE	Monocotylédone
25 <i>Corchorus fascicularis</i> Lam.	TILIACEAE	Dicotylédone
26 <i>Corchorus olitorius</i> L.	TILIACEAE	Dicotylédone
27 <i>Crinum ornatum</i> Hochr.	AMARYLLIDACEAE	Monocotylédone
28 <i>Crotalaria mucronata</i> Desv.	FABACEAE	Dicotylédone
29 <i>Crotalaria retusa</i> L.	FABACEAE	Dicotylédone
30 <i>Cucumis metuliferus</i> E. Mey. ex. Naud.	CUCURBITACEAE	Dicotylédone
31 <i>Cyperus esculentus</i> L.	CYPERACEAE	Monocotylédone
32 <i>Dicliptera verticillata</i> (Forsk.) C. Christens	ACANTHACEAE	Dicotylédone
33 <i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	POACEAE	Monocotylédone
34 <i>Dyschoriste perrottetii</i> (Nees) O.Kze	ACANTHACEAE	Dicotylédone
35 <i>Echinochloa colona</i> (Linn.) Link.	POACEAE	Monocotylédone
36 <i>Echinochloa pyramidalis</i> (Lam.) Hitch. et Chase	POACEAE	Monocotylédone
37 <i>Eclipta prostrata</i> Linn.	COMPOSEAE	Dicotylédone
38 <i>Eragrostis pilosa</i> (Linn.) P. Beauv.	POACEAE	Monocotylédone
39 <i>Euphorbia hirta</i> Linn.	EUPHORBIACEAE	Dicotylédone
40 <i>Euphorbia hysopifolia</i> Linn.	EUPHORBIACEAE	Dicotylédone
41 <i>Evolvulus alsinoides</i> Linn.	CONVOLVULACEAE	Dicotylédone
42 <i>Glinus lotoides</i> Linn.	MOLLUGINACEAE	Dicotylédone
43 <i>Grewia mollis</i> Juss.	TILIACEAE	Dicotylédone
44 <i>Hygrophila auriculata</i> (Schumach.) Heine	ACANTHACEAE	Dicotylédone
45 <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf.	POACEAE	Monocotylédone
46 <i>Hyptis spicigera</i> Lam.	LAMIACEAE	Dicotylédone
47 <i>Indigofera tinctoria</i> Linn.	FABACEAE	Dicotylédone
48 <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.	CONVOLVULACEAE	Dicotylédone
49 <i>Ipomoea argentaurata</i> H.	CONVOLVULACEAE	Dicotylédone
50 <i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	CONVOLVULACEAE	Dicotylédone
51 <i>Laggera oloptera</i> (DC.) Adams	ASTERACEAE	Dicotylédone

52	<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) Ait.	LAMIACEAE	Dicotylédone
53	<i>Ludwigia abyssinica</i> (A. Rich.) Dandy et Brenan	ALISMATACEAE	Dicotylédone
54	<i>Luffa cylindrica</i> (L.) M. F. Roem.	CUCURBITACEAE	Dicotylédone
55	<i>Melochia corchorifolia</i> L.	STERCULIACEAE	Dicotylédone
56	<i>Microchloa indica</i> (L. f.) P. Beauv.	POACEAE	Monocotylédone
57	<i>Nelsonia canescens</i> (L.) Spreng.	ACANTHACEAE	Dicotylédone
58	<i>Ocimum canum</i> Sims.	LAMIACEAE	Dicotylédone
59	<i>Oryza barthii</i> A. Chev	POACEAE	Monocotylédone
60	<i>Panicum anabaptistum</i> Steud.	POACEAE	Monocotylédone
61	<i>Panicum laetum</i> Kunth.	POACEAE	Monocotylédone
62	<i>Panicum subalbidum</i> Kunth.	POACEAE	Monocotylédone
63	<i>Paspalum orbiculare</i> G.Forst	POACEAE	Monocotylédone
64	<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	POACEAE	Monocotylédone
65	<i>Pennisetum polystachyon</i> (L.) Schult	POACEAE	Monocotylédone
66	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum & Thonn.	EUPHORBIACEAE	Dicotylédone
67	<i>Physalis angulata</i> L.	SOLANACEAE	Dicotylédone
68	<i>Polygonum senegalensis</i>	POLYGONACEAE	Dicotylédone
69	<i>Rottboellia exaltata</i> L.	POACEAE	Monocotylédone
70	<i>Schizachyrlum platyphyllum</i> (Franch) Stapf.	POACEAE	Monocotylédone
71	<i>Scoparia dulcis</i> L.	SCROFULARIACEAE	Dicotylédone
72	<i>Setaria pallide-fusca</i> (Schumach) Stapf. et C.E. Hubbard	POACEAE	Monocotylédone
73	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	MALVACEAE	Dicotylédone
74	<i>Sida alba</i> L.	MALVACEAE	Dicotylédone
75	<i>Sida rhombifolia</i> L.	MALVACEAE	Dicotylédone
76	<i>Sida urens</i> L.	MALVACEAE	Dicotylédone
77	<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.	SPHENOCLEACEAE	Dicotylédone
78	<i>Sporobolus pyramidalis</i> P. Beauv.	POACEAE	Monocotylédone
79	<i>Stylochyton lancifolius</i> Kotschy & peyr.	ARACEAE	Monocotylédone
80	<i>Stylosanthes erecta</i> P. Beauv.	FABACEAE	Dicotylédone
81	<i>Tephrosia pedicellata</i> Bak.	FABACEAE	Dicotylédone
82	<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	TILIACEAE	Dicotylédone
83	<i>Uraria picta</i> (Jacq.) DC.	FABACEAE	Dicotylédone
84	<i>Vetiveria nigritana</i> (Benth) Stapf.	POACEAE	Monocotylédone
85	<i>Vicoa leptoclada</i> (Webb.) Dandy.	ASTERACEAE	Dicotylédone
86	<i>Vigna ambacencis</i> Welw. ex Bak.	FABACEAE	Dicotylédone
87	<i>Vigna filicaulis</i> Hepper	FABACEAE	Dicotylédone
88	<i>Waltheria indica</i> L.	STERCULIACEAE	Dicotylédone
89	<i>Wissadula amplissima</i> L.	MALVACEAE	Dicotylédone
90	<i>Zornia glochidiata</i> Reichb. ex DC.	FABACEAE	Dicotylédone
	Ligneux		
91	<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd.	MIMOSACEAE	Dicotylédone
92	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	MIMOSACEAE	Dicotylédone
93	<i>Acacia seyal</i> Del.	MIMOSACEAE	Dicotylédone
94	<i>Acacia sieberiana</i> DC.	MIMOSACEAE	Dicotylédone
95	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	COMBRETACEAE	Dicotylédone
96	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	MELIACEAE	Dicotylédone
97	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	BALANITACEAE	Dicotylédone
98	<i>Cassia sieberiana</i> DC	CAESALPINIACEAE	Dicotylédone
99	<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	COMBRETACEAE	Dicotylédone
100	<i>Combretum micranthum</i> G. Don.	COMBRETACEAE	Dicotylédone
101	<i>Crateva adansonii</i> DC.	CAPPARACEAE	Dicotylédone
102	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afzel ex. G. Don.) Benth.	RUBIACEAE	Dicotylédone
103	<i>Daniellia oliveri</i> (Rotfe) Hutch. & Dalz.	CAESALPINIACEAE	Dicotylédone
104	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	MIMOSACEAE	Dicotylédone

105	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst ex A. Rich.	EBENACEAE	Dicotylédone
106	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	MYRTACEAE	Dicotylédone
107	<i>Feretia apodanthera</i> Del.	RUBIACEAE	Dicotylédone
108	<i>Gardenia ternifolia</i> Schum. & Thonn.	RUBIACEAE	Dicotylédone
109	<i>Gardenia triacantha</i> DC.	RUBIACEAE	Dicotylédone
110	<i>Guiera senegalensis</i> J. f. Gmel.	COMBRETACEAE	Dicotylédone
111	<i>Heliotropium indicum</i> L.	BORRAGEAE	Dicotylédone
112	<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K. Krause	ANACARDIACEAE	Dicotylédone
113	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne	ASCLEPIADACEAE	Dicotylédone
114	<i>Mimosa pigra</i> L.	MIMOSACEAE	Dicotylédone
115	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) Kuntze	RUBIACEAE	Dicotylédone
116	<i>Moghania faginea</i> (Guill. & Perr.) O. Ktze	FABACEAE	Dicotylédone
117	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	CAESALPINIACEAE	Dicotylédone
118	<i>Rytiginia senegalensis</i> Blume	RUBIACEAE	Dicotylédone
119	<i>Securinega virosa</i> (Roxb.ex. Willd.) Baill.	EUPHORBIACEAE	Dicotylédone
120	<i>Tacazzea apiculata</i> Oliv.	ASCLEPIADACEAE	Dicotylédone
121	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn. F.	SAPOTACEAE	Dicotylédone
122	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	RHAMNACEAE	Dicotylédone
123	<i>Ziziphus Mucronata</i> Willd.	RHAMNACEAE	Dicotylédone
124	<i>Ziziphus spina-christi</i> (L.) Desf.	RHAMNACEAE	Dicotylédone

Annexe 3: Indicator Values

PC-ORD, 5.0

17 Aug 2008, 18:41

Indicator values calculated with method of Dufrene, M. & P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67:345-366. All sites ISA-slow & thor 170808

Groups were defined by values of: Site; Input data has: 580 Plot by 124 Species - INDICATOR VALUES (% of perfect indication, based on combining the above values for relative abundance and relative frequency)

Column	Group					p-value			
	Avg	Max	MaxGrp	1	2		3	4	5
1 Acanil	2	10	4	0	0	0	10	0	0.0002
2 Acasen	1	4	2	0	4	0	0	0	0.0052
3 Acasey	3	17	2	0	17	0	0	0	0.0002
4 Acasie	3	11	2	0	11	0	3	0	0.0006
5 Acahis	3	14	2	0	14	0	0	0	0.0002
6 Achasp	4	18	5	1	1	0	0	18	0.0002
7 Acramp	1	3	2	0	3	0	0	0	0.0230
8 Aesind	2	10	2	1	10	0	0	0	0.0002
9 Altnod	7	13	1	13	9	9	6	0	0.0074
10 Alyglu	2	10	2	0	10	0	0	0	0.0002
11 Alyova	1	4	2	0	4	0	0	0	0.0100
12 Amasen	4	11	3	0	0	11	8	0	0.0002
13 Amaspi	1	3	5	0	0	0	0	3	0.0262
14 Ampgra	1	3	2	0	3	0	0	0	0.0224
15 Andgay	1	3	5	0	0	0	0	3	0.0274
16 Anggra	1	3	2	0	3	0	0	0	0.0248
17 Anoleo	2	10	2	0	10	0	0	0	0.0002
18 Aspafr	0	1	2	0	1	0	0	0	0.2344
19 Azaind	2	7	2	0	7	0	1	0	0.0012
20 Balaeg	1	3	2	1	3	1	1	0	0.1722

21	Bluaur	1	5	3	0	0	5	0	0	0.0012
22	Bohdif	4	20	5	0	0	0	0	20	0.0002
23	Borrad	1	3	2	0	3	0	0	0	0.0214
24	Borsca	1	4	2	1	4	0	0	0	0.0106
25	Borsta	0	1	2	0	1	0	0	0	0.2192
26	Brabry	3	11	1	11	1	0	1	0	0.0006
27	Bralat	4	21	5	0	0	0	0	21	0.0002
28	Casmim	0	2	2	0	2	0	0	0	0.1198
29	Cassie	1	4	2	0	4	0	0	0	0.0050
30	Castor	7	27	5	1	7	0	0	27	0.0002
31	Clevis	1	6	5	0	0	0	0	6	0.0002
32	Comacu	5	27	2	0	27	0	0	0	0.0002
33	Comben	1	3	5	0	0	0	0	3	0.0252
34	Commic	6	30	2	0	30	0	0	0	0.0002
35	Corfas	6	20	1	20	3	0	8	0	0.0002
36	Coroli	3	13	5	1	0	0	0	13	0.0002
37	Craada	2	8	4	0	0	0	8	0	0.0002
38	Criorn	1	3	4	2	1	0	3	0	0.1158
39	Crofeb	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0022
40	Cromic	0	2	2	0	2	0	0	0	0.1150
41	Croret	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0002
42	Cucmul	2	9	5	0	0	0	0	9	0.0002
43	Cypesc	6	17	4	0	5	5	17	3	0.0002
44	Danoli	3	16	2	0	16	0	0	0	0.0002
45	Diccin	0	1	2	0	1	0	0	0	1.0000
46	Dicver	5	10	2	7	10	0	0	7	0.0094
47	Dighor	1	6	5	0	0	0	0	6	0.0004
48	Diomes	8	37	2	0	37	0	2	0	0.0002
49	Dysper	2	12	1	12	0	0	0	0	0.0002
50	Echcol	1	2	2	1	2	0	0	0	0.1110
51	Echpyr	4	15	5	0	0	0	2	15	0.0002
52	Eclpro	3	16	4	0	0	0	16	0	0.0002
53	Erapil	1	4	4	0	1	0	4	0	0.0238
54	Euccam	1	4	2	0	4	0	0	0	0.0046
55	Euphir	0	2	5	0	0	0	0	2	0.2236
56	Euphis	1	5	5	0	0	0	0	5	0.0028
57	Evoals	3	16	2	0	16	0	0	0	0.0002
58	Ferapo	4	22	2	0	22	0	0	0	0.0002
59	Garter	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0010
60	Gartri	1	4	2	0	4	0	0	0	0.0060
61	Glilot	10	35	4	0	0	14	35	0	0.0002
62	Gremol	1	5	2	0	5	0	0	0	0.0012
63	Guisen	6	30	2	2	30	0	0	0	0.0002
64	Helind	6	22	4	0	0	7	22	0	0.0002
65	Hygaur	2	10	1	10	0	0	0	0	0.0002
66	Hypruf	4	19	5	0	0	0	0	19	0.0002
67	Hypspi	7	32	2	0	32	0	4	0	0.0002
68	Indtin	3	17	2	0	17	0	0	0	0.0002
69	Ipoaqu	3	11	4	0	5	0	11	0	0.0002
70	Ipoeri	4	13	1	13	0	0	3	5	0.0002
71	Ipoarg	2	8	5	0	0	0	0	8	0.0002
72	Lagolo	7	33	2	0	33	0	0	0	0.0002
73	Lanmic	1	4	2	0	4	0	0	0	0.0060
74	Lephas	2	7	2	0	7	0	4	0	0.0024
75	Leumar	0	1	2	0	1	0	0	0	0.2246
76	Ludaby	2	7	4	0	1	3	7	0	0.0056
77	Lufcyl	20	100	5	0	0	0	0	100	0.0002
78	Melcor	4	8	4	5	4	0	8	1	0.0252
79	Micind	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0006
80	Mimpig	9	37	5	3	0	0	4	37	0.0002
81	Mitine	14	34	1	34	7	22	4	0	0.0002

82	Mogfag	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0010
83	Nelcan	9	45	2	0	45	0	0	0	0.0002
84	Ocican	0	1	1	1	0	0	0	0	0.2276
85	Orybar	4	15	2	0	15	1	6	0	0.0002
86	Panana	5	14	4	11	1	0	14	0	0.0004
87	Panlae	2	7	2	1	7	0	0	0	0.0006
88	Pansub	1	3	5	0	0	0	0	3	0.0248
89	Pasorb	4	12	2	2	12	0	2	5	0.0012
90	Penped	1	3	2	1	3	0	0	1	0.1690
91	Penpol	1	3	5	0	0	0	0	3	0.0442
92	Phyama	1	2	2	1	2	0	0	0	0.1070
93	Phying	1	6	5	0	0	0	0	6	0.0006
94	Pilret	9	42	2	1	42	0	0	0	0.0002
95	Polsen	4	20	5	0	0	0	0	20	0.0002
96	Rotexa	2	12	5	0	0	0	0	12	0.0002
97	Rytsen	2	5	4	4	0	0	5	0	0.0112
98	Schpla	1	3	2	2	3	0	0	0	0.0434
99	Scodul	3	8	3	0	1	8	6	0	0.0020
100	Secvir	3	13	1	13	3	0	0	0	0.0002
101	Setpal	1	3	2	1	3	0	0	2	0.0928
102	Sidacu	0	2	2	0	2	0	0	0	0.1178
103	Sidalb	3	13	2	0	13	0	0	0	0.0002
104	Sidrom	2	10	2	0	10	0	0	2	0.0002
105	Sidure	3	13	2	0	13	0	0	0	0.0002
106	Sphgye	1	4	2	0	4	0	0	0	0.0064
107	Spopyr	4	18	2	1	18	0	0	0	0.0002
108	Stylan	2	9	1	9	0	0	0	0	0.0002
109	Styere	0	1	2	0	1	0	0	0	0.2098
110	Tacapi	12	36	3	0	0	36	24	0	0.0002
111	Tepped	1	6	2	0	6	0	0	0	0.0004
112	Trirom	1	3	2	2	3	0	0	1	0.1790
113	Urapic	2	12	2	0	12	0	0	0	0.0002
114	Vetnig	13	31	4	17	0	17	31	2	0.0002
115	Viclep	1	4	2	0	4	0	0	0	0.0050
116	Vigamb	0	1	2	0	1	0	0	0	0.2202
117	Vigfil	0	1	1	1	1	0	0	0	0.7948
118	Vitpar	2	10	2	0	10	0	0	0	0.0002
119	Walind	4	19	2	0	19	0	0	0	0.0002
120	Wisamp	2	11	2	0	11	0	0	0	0.0002
121	Zizmau	2	10	2	0	10	0	0	0	0.0002
122	Zizmic	2	11	2	0	11	0	0	0	0.0002
123	zizspi	5	20	4	7	0	0	20	0	0.0002
124	Zorglo	3	12	2	0	12	0	0	0	0.0002
	Averages	3	12		2	6	1	2	3	

* proportion of randomized trials with indicator value equal to or exceeding the observed indicator value.

$p = (1 + \text{number of runs} \geq \text{observed}) / (1 + \text{number of randomized runs})$
Maxgrp = Group identifier for group with maximum observed IV

***** Indicator values finished *****

Annexe 4 : Liste des espèces et codification utilisée

Listes des espèces des 5 stations et codification utilisée								
n°	Nom complet	code	n°	Nom complet	code	n°	Nom complet	code
1	<i>Acacia nilotica</i>	acani	51	<i>Echinochloa pyramidalis</i>	echpyr	101	<i>Setaria pallide-fusca</i>	setpal
2	<i>Acacia senegal</i>	acasen	52	<i>Eclipta prostrata</i>	eclpro	102	<i>Sida acuta</i>	sidacu
3	<i>Acacia seyal</i>	acasey	53	<i>Eragrostis pilosa</i>	erapil	103	<i>Sida alba</i>	sidalb
4	<i>Acacia siebierina</i>	acasia	54	<i>Eucalyptus camendulensis</i>	euccam	104	<i>Sida rhombifolia</i>	sidrom
5	<i>Acantopermium hispidum</i>	acahis	55	<i>Euphorbia hirta</i>	euphir	105	<i>Sida urens</i>	sidure
6	<i>Achyranthes aspera</i>	achasp	56	<i>Euphorbia hispidifolia</i>	euphis	106	<i>Sphenochloa gyelanica</i>	sphgye
7	<i>Acroceras amplexans</i>	acramp	57	<i>Evolvulus alsinoides</i>	evuals	107	<i>Sporobolus pyramidalis</i>	spopyr
8	<i>Aeschymonea indica</i>	aesind	58	<i>Ferretia apodenthera</i>	ferapo	108	<i>Stylochiton lancifolius</i>	stylan
9	<i>Alternanthera nodiflora</i>	altnod	59	<i>Gardenia ternifolia</i>	garter	109	<i>Stylosantes erecta</i>	styere
10	<i>Alysicarpus glumaceus</i>	alyglu	60	<i>Gardenia triacantha</i>	gartri	110	<i>Tacazea apiculata</i>	tacapi
11	<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	alyova	61	<i>Glinus lotoides</i>	gilot	111	<i>Tephrosia pedicellata</i>	tepped
12	<i>Amania senegalensis</i>	amasen	62	<i>Grewia molis</i>	gremol	112	<i>Triumpheta romboidea</i>	trirom
13	<i>Amanranthus spinosius</i>	amaspi	63	<i>Guiera senegalensis</i>	guisen	113	<i>Uraria picta</i>	urapic
14	<i>Ampelocissus grantii</i>	ampgra	64	<i>Heliotropium indicum</i>	helind	114	<i>Vetiveria nigriflora</i>	vetnig
15	<i>Andropogon gayanus</i>	andgay	65	<i>Hygrophilla auriculata</i>	hygaur	115	<i>Vicoa leptoclada</i>	viclep
16	<i>Anglerestrum gracilium</i>	anggra	66	<i>Hypanthia rufa</i>	hypruf	116	<i>Vigna ambasensis</i>	vigamb
17	<i>Anogeissus leocarpus</i>	anoleo	67	<i>Hyptis spicigera</i>	hypspi	117	<i>Vigna filiculoides</i>	vigfil
18	<i>Aspilia africana</i>	aspaf	68	<i>Indigofera tinctorium</i>	indtin	118	<i>Vitellaria paradoxa</i>	vitpar
19	<i>Azadirachta indica</i>	azaind	69	<i>Ipomoea aquatica</i>	ipoaqu	119	<i>Walteria indica</i>	walind
20	<i>Balanites aegyptiaca</i>	balaeg	70	<i>Ipomoea argenteorata</i>	ipoarg	120	<i>Wissadula amplissima</i>	wisamp
21	<i>Blumea aurita</i>	bluaur	71	<i>Ipomoea eriocarpa</i>	ipoeri	121	<i>Ziziphus mauritiana</i>	zizmau
22	<i>Boerhavia diffusa</i>	bohdiff	72	<i>Laggera oloptera</i>	lagolo	122	<i>Ziziphus micronata</i>	zizmic
23	<i>Borreria radiata</i>	borrad	73	<i>Lanea microcarpa</i>	lanmic	123	<i>Ziziphus spina-christii</i>	zizspi
24	<i>Borreria scabra</i>	borsca	74	<i>Leptedenia hastata</i>	lephas	124	<i>Zornia glochidiata</i>	zorglo
25	<i>Borreria stachydeia</i>	borsta	75	<i>Leucas marthisensis</i>	leumar			
26	<i>Brachiaria bryzantha</i>	brabry	76	<i>Ludwigia abycinica</i>	ludaby			
27	<i>Brachiaria lata</i>	bralat	77	<i>Luffa cylindrica</i>	lufcyl			
28	<i>Cassia mimosoides</i>	casmim	78	<i>Melochia corchorifolia</i>	melcor			
29	<i>Cassia sieberina</i>	cassie	79	<i>Microchloa indica</i>	micind			
30	<i>cassia tora</i>	castor	80	<i>Mimosa pigra</i>	mimpig			
31	<i>Cleome viscosa</i>	clevis	81	<i>Mitragyna inermis</i>	mitine			
32	<i>Combretum aculeatum</i>	comacu	82	<i>Mogania faginea</i>	mogfag			
33	<i>Combretum micranthum</i>	commic	83	<i>Nelsonia canescens</i>	nelcan			
34	<i>Commelina benghalensis</i>	comben	84	<i>Ocimum canum</i>	ocican			
35	<i>Corchorus fascicularius</i>	corfas	85	<i>Oryza barthii</i>	orybar			
36	<i>Corchorus olitorius</i>	coroli	86	<i>Panicum anabaptistum</i>	panana			
37	<i>Crateva adansonii</i>	craada	87	<i>Panicum laetum</i>	panlae			
38	<i>Crinum ornatum</i>	crior	88	<i>Panicum subalbidum</i>	pansub			
39	<i>Crotopterix febrifuga</i>	crofeb	89	<i>Paspalum orbiculare</i>	pasorb			
40	<i>Crotalaria micronata</i>	cromic	90	<i>Penicetum pedicellatum</i>	penped			
41	<i>Crotalaria retusa</i>	croret	91	<i>Pennicetum polystachion</i>	penpol			
42	<i>Cucumis multiliferus</i>	cucmul	92	<i>Phyllanthus amarus</i>	phyama			
43	<i>Cyperus esculentus</i>	cypesc	93	<i>Physalis ingulata</i>	phying			
44	<i>Daniella oliveri</i>	danoli	94	<i>Ptilostigma reticulatum</i>	pilret			
45	<i>Dichrostachys cinerea</i>	diccin	95	<i>Polygonum senegalensis</i>	polsen			
46	<i>Dicliptera verticillata</i>	dicver	96	<i>Rotboellia exaltata</i>	rotexa			
47	<i>Digitaria horizontalis</i>	dighor	97	<i>Rytigina senegalensis</i>	rytsen			
48	<i>Diospyros mespiliformis</i>	diomes	98	<i>Schyzachyrium plaliphylum</i>	schpla			
49	<i>Dyschoritea perrottetti</i>	dysper	99	<i>Scoparia dulcis</i>	scodul			
50	<i>Echinochloa colona</i>	echcol	100	<i>Securinega virosa</i>	secvir			

20 à 30 A3	<i>Cyperus esculentus</i>	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	6
	<i>Paspalum orbiculare</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	9
	<i>Schizachyrium platyphyllum</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Andropogon gayanus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Mitragyna inermis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
	<i>Sporobolus pyramidalis</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	6
	<i>Sida alba</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5
	<i>Melochia corchorifolia</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	5
	<i>Hyptis spicigera</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	11
	<i>Aeschynomone indica</i>	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	6
	<i>Laggera oloptera</i>	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	12
	<i>Cyperus esculentus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	<i>Diospyros mespiliformis</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	<i>Ammannia senegalensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	<i>Sphenoclea zeylanica</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
	<i>Alternanthera nodiflora</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
	<i>Daniellia oliveri</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
	<i>Cassia sieberiana</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	<i>Oryza barthii</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	8
	<i>Ludwigia abyssinica</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Pennisetum pedicellatum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Nelsonia canescens</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	9
	<i>Ipomoea eriocarpa</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
	<i>Tephrosia pedicellata</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Crinum ornatum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	4
	<i>Panicum laetum</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
	<i>Dicliptera verticillata</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	8
	<i>Corchorus fascicularis</i>	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6
	<i>Phyllanthus amarus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	<i>Alysicarpus glumaceus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Echinochloa colona</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	
<i>Alternanthera nodiflora</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Guiera senegalensis</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
<i>Feretia apodanthera</i>	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	
<i>Cassia tora</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	
<i>Vetiveria nigriflora</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Setaria pallide-fusca</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Leucas martinicensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Borreria radiata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
30 à 40 A4	<i>Sporobolus pyramidalis</i>	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	12
	<i>Eragrostis pilosa</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Cyperus esculentus</i>	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5
	<i>Alternanthera nodiflora</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	8
	<i>Nelsonia canescens</i>	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
	<i>Daniellia oliveri</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
	<i>Paspalum orbiculare</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	8
	<i>Brachiaria brizantha</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Dicliptera verticillata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	7
	<i>Sida alba</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	6
	<i>Corchorus fascicularis</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	5
	<i>Melochia corchorifolia</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	7
	<i>Oryza barthii</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4

RESUME

Le bassin du Nakanbé a fait l'objet d'une étude visant, tout d'abord à démontrer l'importance socio-économique des ressources du bassin et à évaluer les impacts des barrages sur le régime du Nakanbé, le fonctionnement des écosystèmes humides et les moyens d'existence des populations riveraines. Ensuite, ce travail a consisté à déterminer les besoins en eau des écosystèmes humides qui, s'ils sont pris en compte dans un modèle d'allocation de l'eau permettraient leur meilleur fonctionnement.

Les enquêtes socioéconomiques ont touché 198 ménages dans six localités des régions du centre et du plateau central. Le suivi floristique par la méthode de transect-bande et, celui de l'inondation ont concerné cinq sites au niveau des berges du Nakanbé et du Massili.

Les enquêtes socioéconomiques ont mis en évidence l'influence de la présence des cours d'eau sur l'existence des ressources du bassin et la dépendance de la population par rapport à ces ressources. Les revenus tirés des activités liées à la présence des cours et plans d'eau, permettent à la population de faire face à diverses dépenses : alimentation (31%), santé (31%) et éducation des enfants (23%). Cependant, l'exploitation des berges des cours et plans d'eau, bien que procurant un meilleur mieux-être aux populations, a un impact négatif (ensablement, déforestation,...) sur l'écosystème.

L'étude atteste que la végétation des berges du Nakanbé est très variée : 40 familles représentées par 124 espèces végétales avec une prédominance de Poaceae (18%). Elle fait aussi ressortir une répartition des hygrophytes suivant un sens transversal (rive droite, rive gauche) et un sens longitudinal (amont-aval). Une variation de la flore caractérisée par l'apparition et la disparition des hygrophytes suivant les phases d'inondation et d'exondation est également mise en évidence. La biodiversité au niveau des sites est expliquée plus par la hauteur de la lame d'eau ($R^2 = 95,7\%$; $p = 0,0426$) que par la durée de l'inondation. L'étude révèle que le régime de la crue fluviale a un impact tant sur les hygrophytes que sur l'écologie des poissons présents au niveau du Nakanbé.

L'analyse hydrologique indique que la disponibilité de la ressource en eau permet de prendre en compte les besoins en eau de l'écosystème. La détermination du débit, basée sur le transect-bande utilisé et la lame d'eau obtenue par le suivi de l'inondation est de 10m^3 pour les 3 mois. Ce débit correspond à 27% du module annuel et répond donc à un objectif environnemental assez bon.

Mots clés : Hygrophytes, Nakanbé, régime fluvial, débit environnemental, Burkina Faso