



**Gestion adaptative des zones humides : une approche
de réduction de la vulnérabilité des populations
riveraines face aux effets des changements climatiques.
Exemple du lac Wégénia dans la région de Koulikoro, au
Mali**

Thèse

Modibo Magassa

Doctorat en sciences géographiques

Philosophiæ doctor (Ph. D.)

Québec, Canada

© Modibo Magassa, 2021

Université Laval
Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique

**Gestion adaptative des zones humides : une approche de
réduction de la vulnérabilité des populations riveraines face
aux effets des changements climatiques**

Exemple du lac Wégna dans la région de Koulikoro au Mali

Thèse

Modibo Magassa

Sous la direction de :

Jean-François Bissonnette, directeur de recherche
Balla Diarra, codirecteur de recherche

Résumé

Dans un contexte d'incertitude écologique en lien avec la variabilité et les changements climatiques, comment assurer la durabilité des ressources de la zone humide du lac Wégna dans la région de Koulikoro au Mali, tout en permettant aux communautés riveraines d'en tirer profit ? Telle est la question centrale autour de laquelle s'articule la présente thèse. Pour l'aborder, l'approche de la « gestion adaptative », s'appuyant sur la participation effective des acteurs locaux et la prise en compte de leur savoir écologique traditionnel dans le processus de gestion de ce lac, a été privilégiée. L'approche repose également sur une méthodologie utilisant divers outils complémentaires pour collecter, traiter, et analyser les données.

Les enquêtes de terrain et l'analyse des images satellites ont montré la vulnérabilité des ressources naturelles de la zone d'études (en particulier le lac Wégna) face aux effets des changements climatiques et des activités humaines. Or, les communautés locales concernées tirent directement leur subsistance de ces ressources naturelles. De ce fait, la vulnérabilité des ressources naturelles entraîne conséquemment celle des moyens de subsistance de ces communautés.

Afin de réduire la vulnérabilité desdites communautés, certaines actions ont été entreprises : l'analyse de la situation du bassin du lac Wégna ; l'identification des principales menaces et des stratégies locales d'adaptation ; l'élaboration d'un plan d'action amélioré et d'un plan de surveillance ainsi que leur mise en œuvre. Le plan d'action renfermait des activités comme le reboisement autour des lacs Wégna et Kononi, la construction des cordons pierreux perpendiculairement aux ravins qui débouchent sur le lac Wégna, la pisciculture en étang, et la mise en place d'un comité de suivi pour la surveillance des réalisations. Enfin, les activités mises en œuvre ont été évaluées après une période d'observation (dont la durée varie en fonction de l'activité) pour tirer des enseignements sur la base des résultats obtenus. De ces enseignements, des recommandations ont été formulées dans la perspective de la conception d'un potentiel futur plan d'action.

Mots clés : gestion adaptative, variabilité climatique, changements climatiques, savoir écologique traditionnel, zone humide, vulnérabilité, lac Wégna, Koulikoro, Mali.

Abstract

In a context of ecological uncertainty linked to climate variability and change, how can the sustainability of the resources of the wetland of Lake Wégna in the Koulikoro region in Mali be ensured, while allowing neighboring communities to benefit from them? This is the central question around which this thesis revolves. To approach it, the "adaptive management" approach, relying on the effective participation of local actors and the taking into account of their traditional ecological knowledge in the management process of this lake, was favored. The approach is also based on a methodology using various complementary tools to collect, process, and analyze data.

Field surveys and analysis of satellite images have shown the vulnerability of natural resources in the study area (particularly Lake Wégna) to the combined effects of climate change and human activities. However, local communities derive their livelihood directly from these natural resources. As a result, the vulnerability of natural resources consequently leads to the vulnerability of the livelihoods of these communities.

In order to reduce the vulnerability of the communities concerned, certain actions were undertaken: the analysis of the situation of the Lake Wégna basin; identification of the main threats and local adaptation strategies; the development of an improved action plan and a monitoring plan and their implementation. The action plan included activities such as reforestation around lakes Wégna and Kononi, the construction of stone bunds perpendicular to the ravines that lead to these lakes, fish farming in ponds, and the establishment of a monitoring committee for the monitoring of achievements. Finally, the activities implemented were evaluated after an observation period (the duration of which varied depending on the activity) to draw lessons on the basis of the results obtained. From these lessons, recommendations were made with a view to designing a potential future action plan.

Keywords: adaptive management, climate variability, climate change, traditional ecological knowledge, wetland, vulnerability, Lake Wégna, Koulikoro, Mali.

Table des matières

Résumé.....	ii
Abstract.....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des figures.....	viii
Liste des tableaux.....	x
Liste des abréviations, sigles, acronymes.....	xi
Dédicace.....	xii
Remerciements.....	xiii
Introduction.....	1
PREMIÈRE PARTIE : CADRE D'ANALYSE CONCEPTUEL.....	9
Chapitre 1. Notion de variabilité et de changements climatiques.....	10
1.1. Notion de variabilité et de Changements climatiques.....	10
1.2. Bref survol de l'état des connaissances sur les CC en Afrique de l'Ouest.....	11
1.3. Les changements climatiques et leurs enjeux au Mali.....	13
1.3.1. Les scénarios climatiques au Mali.....	14
1.3.2. L'adaptation aux conséquences des changements climatiques au Mali.....	15
Chapitre 2. Notion de vulnérabilité, notion de risque.....	18
2.1. Notion de vulnérabilité.....	18
2.1.1. Évolution du concept de vulnérabilité et cadre conceptuel de cette recherche.....	18
2.1.2. Les composantes de la vulnérabilité aux changements climatiques.....	20
2.2. Réduction de la vulnérabilité par l'adaptation et problématique de la mise en œuvre de l'adaptation aux changements climatiques.....	22
2.3. Notion de risque : les risques climatiques au Mali.....	27
Chapitre 3. Définition et mise en contexte des concepts de gestion adaptative et de savoir écologique traditionnel.....	29
3.1. La Gestion adaptative.....	29
3.1.1. La gestion adaptative : une stratégie de gestion des ressources naturelles face à l'incertitude.....	30
3.1.2. La gestion adaptative : un processus participatif et itératif.....	31
3.1.3. Les étapes du processus de la GA : un cycle d'apprentissage itératif.....	33
3.1.4. Les types de gestion adaptative.....	35
3.1.5. L'apprentissage en gestion adaptative.....	37
3.1.6. Les contextes d'application de la gestion adaptative.....	38
3.2. Le savoir écologique traditionnel.....	43
3.2.1. Tentative de définition du savoir traditionnel.....	44

4.4.2.2. Les menaces d'origine naturelle/humaine	60
3.2.2. Les composantes du savoir traditionnel.....	45
Chapitre 4. Les enjeux de la gestion des zones humides	46
4.1. Définition et typologie des zones humides	47
4.1.1. Définition	47
4.1.2. Typologie	47
4.2. Les services écosystémiques des zones humides.....	49
4.3. La convention de Ramsar	52
4.4. Les zones humides africaines	53
4.4.1. Distribution sur le continent.....	53
4.4.2. Les pressions subies par les zones humides africaines	55
4.5. Gestion des zones humides	61
4.5.1. La Notion de préservation/conservation et d'utilisation rationnelle des ZH.....	61
4.5.2. La gestion intégrée des ressources en eau.....	63
4.5.3. Les difficultés inhérentes à la mise en œuvre des approches de gestion des ZH	68
Conclusion partielle	69
4.6. Les zones humides au Mali.....	70
4.6.1. Typologie et distribution des zones humides du Mali.....	70
4.6.2. Gestion des zones humides au Mali	76
 DEUXIÈME PARTIE : LA GESTION ADAPTATIVE DU LAC WÉGNIA : UNE RÉPONSE À LA VULNÉRABILITÉ DES POPULATIONS RIVERAINES FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES .	86
 Chapitre 5. Méthodologie	88
5.1. Situation géographique de la zone d'étude	88
5.2. La collecte des données.....	90
5.2.1. Les données secondaires	90
5.2.2. La collecte des données de terrain.....	94
5.3. Les outils de collecte des données et la méthode d'échantillonnage	97
5.3.1. Choix des villages pour les enquêtes.....	97
5.3.2. Le guide d'entretien et le questionnaire	99
5.3.3. Les entretiens de groupe	100
5.3.4. L'observation directe libre.....	106
5.4. Le traitement des données.....	106
5.4.1. Les données pluviométriques.....	106
5.4.2. Les données hydrologiques	107
5.4.3. Les données cartographiques.....	107
5.4.4. Les données issues des enquêtes de terrain	109
5.5. Les difficultés rencontrées dans le cadre de la collecte des données	111

Chapitre 6. La première phase de la gestion adaptative du lac Wégna	113
6.1. Analyse des données et de la situation globale du bassin du lac Wégna	113
6.1.1. Des aspects physiques	113
6.1.2. Des aspects écologiques et biogéographiques.....	134
Conclusion partielle	143
6.1.3. Des aspects socio-économiques.....	145
6.1.4. Les conséquences socio-économiques de la dégradation du lac Wégna.....	159
Conclusion partielle	162
6.2. Les stratégies locales d'adaptation des populations riveraines du lac Wégna face aux changements climatiques.....	162
6.2.1. Perception des changements climatiques par les populations locales.....	162
6.2.2. Les stratégies d'adaptation existantes	163
Conclusion partielle	169
6.3. Choix de meilleures stratégies locales d'adaptation des moyens de subsistance face aux menaces, identification des parties prenantes, et élaboration du plan d'action	170
6.3.1. Les meilleures stratégies locales d'adaptation des moyens de subsistance face aux menaces.....	170
6.3.2. Analyse des acteurs de la gouvernance du lac Wégna.....	173
6.3.3. Élaboration du plan d'action pour la gestion adaptative du lac Wégna	176
Chapitre 7. La deuxième phase de la gestion adaptative du lac Wégna: la mise en œuvre du plan d'action et de suivi	179
7.1. Les ressources financières et humaines disponibles pour la mise en œuvre du plan d'action	180
7.2. La plantation d'arbres autour du lac Wégna	180
7.2.1. Objectif	180
7.2.2. Espèces de plants et les sites de plantation ciblés	181
7.2.3. La participation des communautés riveraines	182
7.2.4. Contribution du reboisement à la réduction de la vulnérabilité des riverains	183
7.2.5. Le Suivi	184
7.3. La pisciculture au bord du lac Wégna.....	184
7.3.1. Objectif et pertinence de la pisciculture en étang	185
7.3.2. Situation de l'étang et choix de son site d'implantation.....	186
7.3.3. Le type de poisson élevé et les résultats attendus	188
7.3.4. Le suivi et le nourrissage des poissons	188
7.4. Défense et restauration des sols autour du lac Wégna	189
7.4.1. Situation du site choisi.....	190
7.4.2. La technique de construction des cordons pierreux	192
7.4.3. Le suivi de l'évolution des dispositifs de cordons pierreux	195
7.5. La mise en place d'un comité de suivi	195

Chapitre 8. La troisième phase de la gestion adaptative du lac Wégna	196
8.1. Évaluation des activités de plantation d’arbres et de construction de cordons pierreux autour des lacs Wégna et Kononi.....	197
8.1.1. L’activité de plantation d’arbres.....	198
8.1.2. L’évaluation du dispositif des cordons pierreux.....	200
8.2. L’évaluation de l’activité piscicole.....	203
8.3. Évaluation du fonctionnement du comité de suivi	206
8.4. Des recommandations pour l’ajustement du plan de gestion.....	206
8.4.1. Recommandations pour l’amélioration des travaux de reboisement	207
8.4.2. Recommandations pour l’amélioration des travaux de construction des cordons pierreux.....	208
8.4.3. Les mesures prises pour améliorer l’activité de pisciculture	209
Conclusion	211
Bibliographie	218
Annexes	247

Liste des figures

Figure 1. Les pays sahéliens et les zones climatiques	2
Figure 2. Emplacement du Mali en Afrique de l’Ouest et celui du lac Wégénia au Mali.....	4
Figure 3. Évolution de la pluviométrie annuelle au Sahel et au Mali.....	14
Figure 4. Le paradigme de réciprocité de la vulnérabilité.....	20
Figure 5. Les composantes de la vulnérabilité	22
Figure 6. Risque = interaction entre les aléas climatiques, l’exposition, la vulnérabilité	28
Figure 7. L’évolution des différents modes de gestion des RN dans le temps.. ..	33
Figure 8. Le processus de la gestion adaptative.....	34
Figure 9. Processus de changements dans le plan d’action selon la nature de gestion.	37
Figure 10. Arbre de décision pour évaluer la Gestion adaptative.....	42
Figure 11. Les bassins fluviaux, les sites Ramsar, et les principales ZH en Afrique	55
Figure 12. Zones humides et dynamique des populations.	60
Figure 13. Processus itératif et adaptatif de la GIRE	68
Figure 14. Le Delta intérieur du Niger.	72
Figure 15. Les sites Ramsar et les autres zones humides au Mali.....	74
Figure 16. Localisation des barrages de retenue réalisés ou en projet.	76
Figure 17. Les étapes du processus de la gestion adaptative du lac Wégénia.	87
Figure 18. Carte de la commune de Guihoyo.....	89
Figure 19. Délimitation de la zone centrée sur le lac Wégénia.....	93
Figure 20. Les villages riverains du lac Wégénia et leur date approximative de création.....	99
Figure 21. Carte réalisée par les participants à l’atelier de la cartographie participative.	105
Figure 22. Encodage des réponses des enquêtés	110
Figure 23. Présentation des données dans le logiciel SPSS.....	110
Figure 24. Évolution interannuelle de la pluviométrie à Kolokani avec les indices centrés réduits des hauteurs pluviométriques annuelles (1970-2016).....	115
Figure 25. Variation interdécennale des précipitations annuelles à Kolokani.....	116
Figure 26. Le cycle de la mousson en Afrique de l’Ouest.....	118
Figure 27. Les moyennes mensuelles de t° et des pluies de 1970 à 2016 à Wégénia.	119
Figure 28. Le Modèle Numérique de terrain (MNT) du bassin versant du lac Wégénia.....	120
Figure 29. Limite et réseau hydrographique du bassin du lac Wégénia.	123
Figure 30. La carte hypsométrique du bassin du lac Wégénia.....	124
Figure 31. État de maturité du relief des bassins versants.....	125
Figure 32. La courbe hypsométrique du Bassin versant du lac Wégénia.....	126
Figure 33. Le bassin des lacs Wégénia et Kononi	128
Figure 34. L’ancien chenal (qui permettait aux eaux du bassin du lac Kononi de contourner le lac Wégénia) et le point de son obstruction	129
Figure 35. Limnigramme de crue du lac Wégénia au mois d’août	130
Figure 36. Limnigramme d’étéage du lac Wégénia au mois de mai	131

Figure 37. Les communes partageant le bassin versant du lac Wégna.....	133
Figure 38. Les différentes composantes écologiques de la zone humide du lac Wégna.....	139
Figure 39. Les cartes d’occupation du sol et l’estimation de la superficie des différents types d’occupation dans la zone humide du lac Wégna en 1972, 2000 et 2018.....	142
Figure 40. Les ressources naturelles des villages de Wégna et Kononi-Sirakoro.....	147
Figure 41. Le lac Wégna en saison sèche	151
Figure 42. Le lac Wégna en saison sèche avec peu d’eau au milieu de l’argile boueuse.....	152
Figure 43. Présence des champs agricoles dans le lit du lac Wégna.....	155
Figure 44. Des traces de feux de brousse dans le lit du lac Kononi	158
Figure 45. Dégradation du lac Wégna et ses implications socio-économiques.....	161
Figure 46. Réponses des enquêtés par rapport à leurs options d’adaptation face aux événements climatiques extrêmes.....	169
Figure 47. Participation des hommes et des femmes aux activités de reboisement	183
Figure 48. La motopompe et le tuyau pour l’alimentation de l’étang en eau	187
Figure 49. L’assiette de l’étang.....	187
Figure 50. Les traces de l’érosion hydrique au bord du lac Wégna.	190
Figure 51. Localisation des sites de reboisement et des cordons pierreux	191
Figure 52. Les acteurs locaux utilisant le niveau à eau	192
Figure 53. Le niveau à eau pour lever les courbes de niveau	193
Figure 54. Technique d’arrangement des cordons pierreux.....	194
Figure 55. Disposition d’un cordon pierreux sur notre site d’expérimentation.	194
Figure 56. Quelques rares espèces d’arbres résistantes aux conditions de sécheresse.....	200
Figure 57. Des sédiments retenus par un cordon pierreux à environ.....	202
Figure 58. Rétention des feuilles d’arbres, des tiges de céréales, et d’autres détritiques par un cordon pierreux installé à environ 100 m du lac Wégna.....	202
Figure 59. La récolte des tout premiers poissons.	205
Figure 60. Quelques membres de la coopérative des pêcheurs de Wégna.....	205
Figure 61. La clôture en grillage du prochain site de reboisement	208

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification simplifiée des zones humides.....	49
Tableau 2. Services écosystémiques fournis ou dérivés des zones humides.....	51
Tableau 3. Les différents sites Ramsar du Mali et leurs caractéristiques	80
Tableau 4. Les caractéristiques des images satellites utilisées	94
Tableau 5. Répartition des participants par groupe spécifique à Wégnia et Sirakoro	102
Tableau 6. Évolution de l'état des ressources villageoises (profil historique)	104
Tableau 7. Facteurs explicatifs de la disparition de certains oiseaux autour des lacs Wégnia et Kononi selon les enquêtés	137
Tableau 8. Les animaux sauvages qui fréquentent le lac Wégnia selon les enquêtés.....	138
Tableau 9. Les espèces animales ayant disparu dans la ZH du lac Wégnia.....	138
Tableau 10. État de l'occupation du sol en ha et en % dans la ZH du lac Wégnia	143
Tableau 11. La situation des ressources à Wégnia et Sirakoro et ses causes	145
Tableau 12. Matrice de vulnérabilité des ressources des villages Wégnia (W) et Kononi-Sirakoro (K) face aux menaces.....	148
Tableau 13. Matrice de vulnérabilité des moyens de subsistance des populations riveraines du lac Wégnia et du lac Kononi face aux menaces.....	150
Tableau 14. Matrice des stratégies locales d'adaptation des moyens de subsistance face aux menaces.....	171
Tableau 15. Plan d'action de la gestion adaptative du lac Wégnia.....	177
Tableau 16. Répartition des plants par espèce et par village, et les différents services écosystémiques qu'ils peuvent procurer aux populations locales.....	181
Tableau 17. Plan d'action pour le reboisement autour des lacs Wégnia et Kononi	198
Tableau 18. Planification des actions pour la plantation d'arbres.....	201
Tableau 19. Planification des actions pour l'élevage des poissons en étang à Wégnia.....	203

Liste des abréviations, sigles, acronymes

AEDD	Agence de l'Environnement et du Développement Durable
AMC	Affaires Mondiales Canada
AMCOW	African Ministers' Council on Water
AMPEF	Association malienne pour la protection de l'environnement et de la faune
BCR	Bureau Central de Recensement
BRAO	Bureau régional Afrique de l'Ouest
CEDEAO	Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest
CILSS	Comité Inter-États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
CSAO	Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest
DNCT	Direction Nationale des Collectivités Territoriales du Mali
DNEF	Direction Nationale des Eaux et forêts du Mali
DNH	Direction Nationale de l'Hydraulique du Mali
DNM	Direction Nationale de la Météorologie du Mali
DNSI	Direction nationale de la statistique et de l'informatique
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du Climat
GWP	Global Water Partnership - Partenariat mondial de l'eau
ILWAC	Gestion intégrée de la Terre et de l'Eau pour l'adaptation à la vulnérabilité et au Changement climatique
INSTAT-Mali	Institut National de la Statistique du Mali
MET	Ministère de l'Équipement et des Transports du Mali
MEA	Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement
MEE	Ministère de l'Énergie et de l'Eau
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONG	Organisation Non Gouvernementale
OOAS	Organisation Ouest Africaine de la Santé
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
PANA	Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements climatiques
RIOB	Réseau international des organismes de bassin
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification
UNEP	United Nations Environment Program
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation/Organisation des Nations-Unies pour l'éducation, la science et la culture
WWAP	World Water Assessment Programme

Dédicace

À ma mère, qui a tout fait pour faire de moi ce que je suis aujourd'hui.

Remerciements

Au cours de ces quatre années d'études doctorales (2016-2020) à l'Université Laval de Québec, Canada, des femmes et des hommes m'ont soutenu de diverses manières. Il me plait de les remercier ici.

Je commence par remercier tous mes professeurs de la FLASH (Faculté des lettres, des langues et des sciences humaines) de Bamako, de l'E.N.SUP (École Normale Supérieure) de Bamako), et de l'ISFRA (Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée) de Bamako pour avoir guidé mes premiers balbutiements dans la recherche scientifique. Je voudrais particulièrement remercier le professeur Vincent Traoré, qui a dirigé avec beaucoup d'enthousiasme mon mémoire de fin d'études à l'E.N.SUP.

Mes remerciements vont à l'endroit des professeurs de la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval, particulièrement aux professeurs du département de Géographie.

Je remercie Affaires Mondiales Canada (AMC) qui a bien voulu m'accorder une bourse d'études dans le cadre de sa coopération bilatérale avec le Mali, une bourse sans laquelle cette thèse ne serait pas réalisée. Je ne saurais oublier le projet FASAM (Formation agricole pour la sécurité alimentaire au Mali) qui a su gérer cette bourse avec beaucoup de rigueur et dont le personnel, aussi bien à Québec qu'à Bamako, s'est mobilisé pour m'assister dans mon cheminement académique avec délicatesse et professionnalisme. Toute l'équipe du projet m'a soutenu sans relâche du début à la fin de ma formation. C'est pourquoi je ne voudrais pas citer de noms pour ne pas courir le risque d'oublier certains, mais je ne puis m'empêcher de me livrer à cet exercice. À cet effet, je remercie très sincèrement Daniel Campeau et Mahamadou Garba Abdou, respectivement directeur du projet FASAM et coordonnateur technique du projet FASAM au Mali. Avec eux, j'ai eu de très bonnes relations. Mes remerciements vont à Jennifer Brodeur et Boubacar Sangaré, agents comptables au projet FASAM, qui ont toujours répondu favorablement chaque fois que je les sollicitais. Je tiens à dire merci à Audrey Auclair, Marie-Michèle Thibodeau, et Zeinab Diarra qui ont toutes servi, à un moment donné, au poste d'encadrement des boursiers du projet FASAM (soit au Canada ou au Mali). Qu'elles reçoivent ici l'expression de ma très profonde gratitude.

Je remercie très sincèrement Mme Nathalie Barrette, professeure titulaire au département de géographie à l'Université Laval, qui a accepté de diriger cette thèse avec sincérité et détermination. Son expérience, sa compétence, et ses appuis multidimensionnels m'ont

permis d'être là où nous en sommes aujourd'hui. Le mot juste me manque pour la remercier à ma satisfaction !

Mes remerciements au professeur Balla Diarra, recteur de l'Université des sciences sociales et de gestion de Bamako (Mali), qui a assuré la codirection de cette thèse. Malgré ses multiples tâches administratives, il a dirigé ce travail avec assez de flexibilité (en me permettant d'être autonome) tout en exigeant la rigueur scientifique qui s'impose. Faut-il rappeler que le professeur Diarra a précédemment encadré mes travaux de DEA (Diplôme d'études approfondies) à l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA) de Bamako. Qu'il en soit vivement remercié.

Je n'oublie pas les autres membres de mon comité d'encadrement, à savoir Madame Danièle Bélanger et Monsieur Frédéric Lasserre, qui m'ont permis de développer un esprit critique et d'améliorer le style et la qualité rédactionnels et scientifiques de cette thèse.

Ma plus grande gratitude va à mes parents, mon père et ma mère, qui m'ont transmis des valeurs humaines fondées sur des principes tels que le courage, l'amour du travail bien fait, la persévérance dans le travail, le respect de soi et des autres, l'amour du progrès, etc.

Je remercie mes frères et sœurs, qui ont tous été à mes côtés, d'une manière ou d'une autre, au cours de ces quatre années d'études. Je leur en suis sincèrement reconnaissant.

À tous mes amis, proches collaborateurs, et collègues de labo, je leur dis merci. Je remercie très spécialement Sena Pricette Dovonou-Vinagbe, qui m'a appris énormément de choses en matière de recherche et d'analyse de documents scientifiques.

Enfin, je remercie mon épouse, Fatoumata Keita, et mes enfants, Aissata, Yaya, et Coumba, qui ont certainement souffert de ces quatre longues années de séparation. Je tiens à reconnaître ici le sacrifice auquel ils ont consenti.

Introduction

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du Climat (GIEC) indique dans son cinquième rapport, publié en 2013, que le réchauffement du système climatique est sans équivoque. L'élévation des températures de l'atmosphère et de l'océan, la diminution de la couverture de neige et de glace, la montée du niveau des mers, et la multiplication et l'aggravation des phénomènes climatiques extrêmes sont de plus en plus perceptibles (GIEC, 2013). Cependant, si les changements climatiques demeurent un phénomène planétaire, toutes les régions du monde ne sont pas touchées (vulnérables) de la même façon par leurs effets. Ainsi, l'Afrique, par exemple, est l'un des continents les plus vulnérables aux changements climatiques en raison de sa forte exposition, de sa faible capacité d'adaptation (Niang *et al.*, 2014), et de sa grande dépendance vis-à-vis des secteurs sensibles, comme l'agriculture, aux aléas climatiques (Stern, 2007). En s'intéressant seulement aux ressources en eau, il est prévu qu'en Afrique, les changements climatiques auront un impact sur presque tous les éléments du système hydrologique. Ils affecteront les niveaux de stockage de l'eau dans les lacs et les réservoirs, le ruissellement de surface et l'humidité du sol. Ils auront un impact sur la quantité, la qualité et la demande en eau (Laban, 2009).

À l'intérieur de l'Afrique elle-même, des disparités existent entre les différentes régions quant à leur susceptibilité par rapport à la variabilité et aux changements climatiques. En effet, la zone sahélienne, zone géographique où les risques climatiques sont des plus extrêmes, est soumise depuis fort longtemps à des conditions semi-arides et à la désertification. Les pays situés dans cette région souffriront de manière disproportionnée des effets liés aux changements climatiques (Clot, 2008). Il s'agit notamment du Sénégal, de la Gambie, de la Mauritanie, du Mali, du Burkina Faso, du Niger et du Tchad (Nyong *et al.*, 2007) (figure 1), tous membres du Comité Inter-États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) (Hountondji, 2008). Dans cet espace sahélien, les précipitations faibles (300 à 700 mm de pluie par an) et aléatoires affectent fortement le cycle continental de l'eau, les ressources en eau et la sécurité alimentaire (Nicholson, 1989). Toujours soumis à une

alternance de périodes humides et sèches (Nicholson, 1978), le Sahel a connu au cours du 20e siècle, trois périodes de sécheresse particulièrement intenses (Ozer *et al.*, 2010): les sécheresses des années 1910, celles des années 1940 et la « grande sécheresse » qui a débuté en 1968. Leurs conséquences socio-économiques et environnementales ont été dramatiques (CEDEAO-SWAC/OECD, 2008; Gallais, 1977).

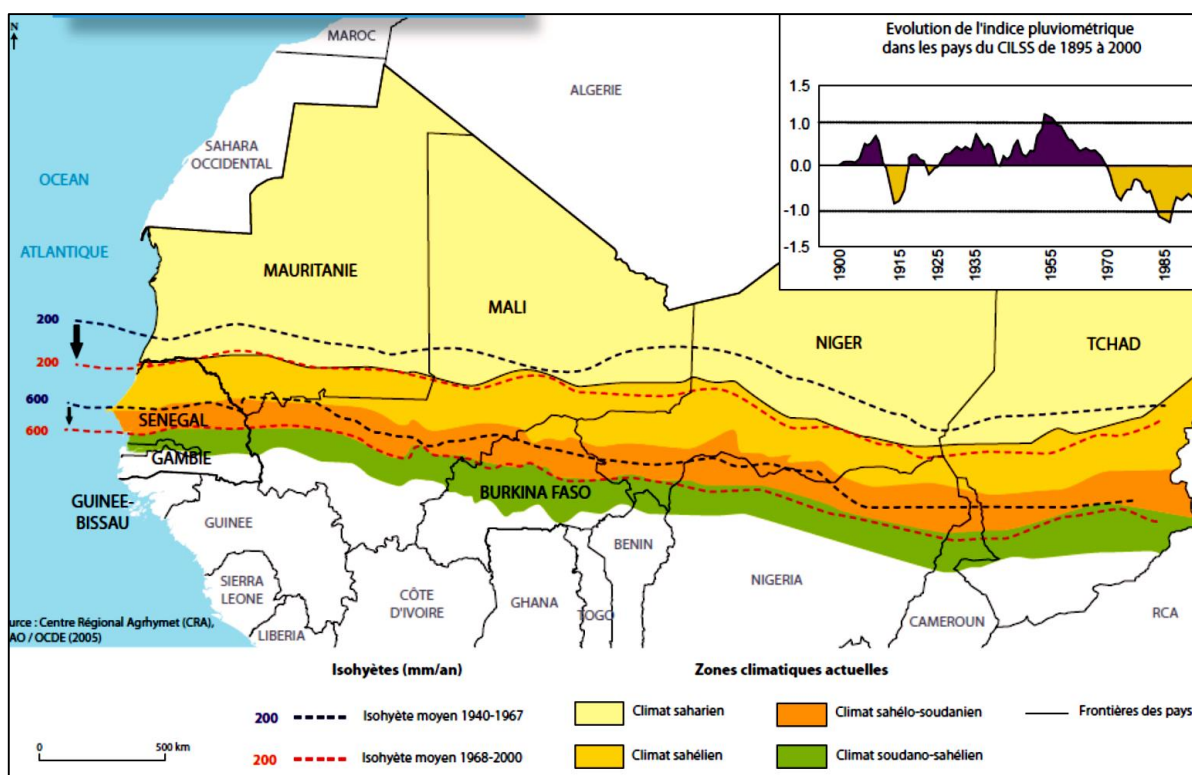


Figure 1. Les pays sahéliens et les zones climatiques (source : CEDEAO-CSAO/OCDE, 2006).

Dans un tel milieu géographique, caractérisé par la récurrence des sécheresses et les effets de la désertification, et menacé par les changements climatiques, les zones humides deviennent des milieux hautement « stratégiques » au plan économique (Adams, 1993). Les zones humides, entendues comme une grande variété de paysages dont les écosystèmes sont fortement influencés par l'eau (Wood, 2013), attirent une multitude d'acteurs en leur permettant d'exercer diverses activités (Blench, 1998): agriculture, élevage, pêche, etc. L'attractivité des zones humides est liée au fait qu'en plus de la fertilité de leur bassin, elles conservent également de l'eau et/ou de l'humidité plus longtemps après la saison des pluies et parfois tout au long de la saison sèche (Blench, 1998; Zare, 2015). À cet égard, elles

contribuent de différentes manières aux moyens de subsistance de millions de personnes en Afrique subsaharienne (Rebelo *et al.*, 2010). Cependant, en raison des pressions, à la fois climatiques et anthropiques, exercées sur les écosystèmes des zones humides, ceux-ci se dégradent et sont aujourd'hui parmi les plus menacés au monde (Zare, 2015). Pourtant, pour assurer leur conservation et leur utilisation durable, la convention Ramsar fut signée depuis le 2 février 1971 dans la ville iranienne de Ramsar où elle avait été négociée pour la première fois. Officiellement dénommée convention sur les zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux aquatiques, la convention de Ramsar est un traité intergouvernemental qui reconnaît les fonctions écologiques ainsi que les valeurs économiques, culturelles, scientifiques et récréatives des zones humides (Castro *et al.*, 2002). En ce sens, elle œuvre à lutter contre leur dégradation ou leur disparition. Sans nier l'importance de cette convention dans la protection des zones humides, il semblerait que les aléas climatiques et les pressions anthropiques, indiqués plus haut, demeurent de nos jours des menaces réelles contre lesquelles d'autres mesures, impliquant fortement les populations locales, seraient nécessaires.

Le Mali, en tant que pays sahélien, ne fait pas exception à cette situation de dégradation de ses zones humides, bien au contraire, il peut en être une illustration. Selon la FAO (2016), ce pays dispose d'un certain nombre de zones humides, dont quatre (avec une superficie de plus 4 204 640 ha) ont le statut de zone humide d'importance internationale depuis 2013. Il s'agit du delta intérieur du Niger (4 119 500 hectares), du lac Magui (24740 hectares), de la Plaine inondable du Sourou (56 500 hectares) et du lac Wégna (3900 hectares). Ces écosystèmes aquatiques subissent les incidences des variations climatiques. Par exemple, la superficie du delta intérieur du Niger a baissé de 37 000 km² au début des années 1950 à 15 000 km² en 1990 sous l'effet des sécheresses (Niasse *et al.*, 2004b). Quant au lac Wégna (figure 2), auquel on s'intéresse dans cette étude, il s'est presque asséché en 1984, à la suite d'une saison des pluies largement déficitaire (511,8 mm de pluie par an contre une pluviométrie moyenne locale estimée à 697,93 mm) (Coulibaly *et al.*, 2011).

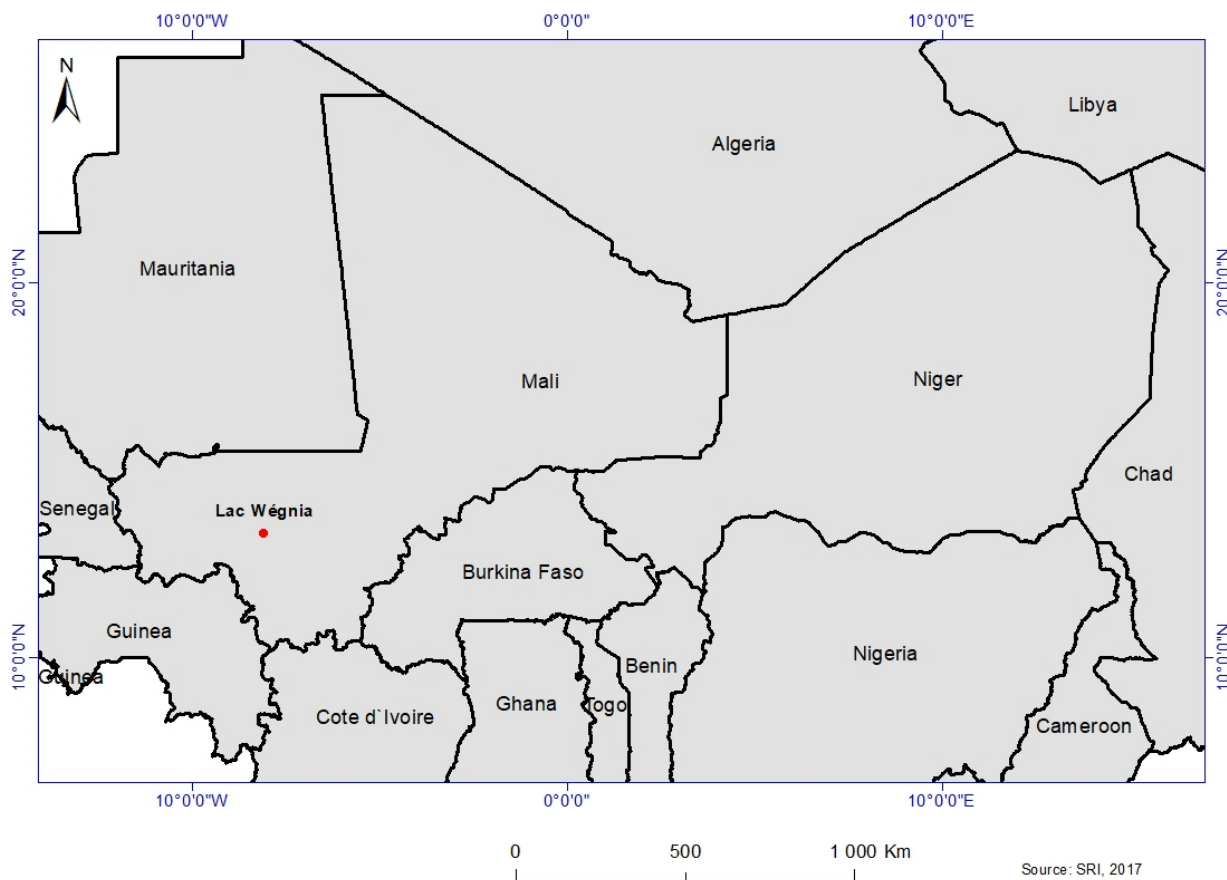


Figure 2. Emplacement du Mali en Afrique de l’Ouest et celui du lac Wégna au Mali (Source : SRI, 2017 ; réalisation : Magassa)

Le lac Wégna, bien que son écosystème soit détérioré aujourd’hui, permet encore aux populations riveraines de pratiquer des activités comme le maraîchage, la riziculture, l’arboriculture, la pêche, l’élevage, etc. Il contient même une espèce de poisson (*Microthrisa* sp, appelé « Miri » en langue bambara) qui est rare dans les autres points d’eau du pays (Coulibaly *et al.*, 2011). Toutefois, la dégradation des ressources de ce lac a atteint aujourd’hui des proportions inquiétantes : réduction drastique de son potentiel halieutique, dégradation de la végétation riveraine, faune en voie de disparition, érosion des berges, réduction de sa profondeur en raison de l’envasement de son lit, faible capacité de rétention d’eau (Assemblée régionale de Koulikoro, 2012). Et, avec les effets des changements climatiques actuels et/ou attendus, cette dégradation risque de s’accélérer et conduire, in fine, à la disparition de ce lac. Ce qui priverait, conséquemment, les populations

riveraines d'une précieuse ressource naturelle de laquelle elles tirent une partie importante de leur subsistance. Or, malgré son importance, très peu d'études ont été réalisées à son sujet. De plus, aucune étude approfondie n'a été faite sur un probable lien de causalité entre sa dégradation et les changements climatiques d'une part, et d'autre part entre cette dégradation et la vulnérabilité des populations riveraines. Ce constat, presque paradoxal, est à l'origine du choix de la thématique abordée dans cette étude et nous a amenés à nous poser un certain nombre de questions : quelles sont les causes réelles et les conséquences de la dégradation du lac Wégénia? Quelles sont les menaces directes et indirectes qui pèsent sur ce lac? Les populations riveraines sont-elles capables de les identifier? Comment ces populations se sont-elles adaptées aux changements environnementaux, en général, et à la dégradation du lac Wégénia, en particulier? Quelles sont les stratégies locales d'adaptation existantes? Lesdites populations sont-elles capables de proposer de meilleures stratégies d'adaptation en se basant sur leur connaissance écologique? La mise en œuvre de ces bonnes stratégies, leur suivi et évaluation ainsi que leur ajustement peuvent-ils contribuer, dans un contexte d'incertitude écologique, à une meilleure gestion de ce lac?

Nous tenterons de répondre à ces questions dans cette étude dont l'objectif principal est de contribuer à une meilleure gestion du lac Wégénia dans un contexte marqué par la croissance démographique, ainsi que par la variabilité et les changements climatiques afin d'assurer aux populations riveraines un développement durable. De façon spécifique et avec la participation des populations concernées, il s'agit de :

- ✓ Analyser la situation du bassin du lac Wégénia pour identifier les principales menaces et en concevoir un modèle conceptuel¹;
- ✓ Étudier les stratégies d'adaptation déjà existantes ;
- ✓ Élaborer un plan d'action amélioré pour réduire les menaces identifiées ;
- ✓ Élaborer un plan de surveillance des actions afin de tester nos hypothèses ;
- ✓ Mettre en œuvre les plans d'actions et de surveillance ;

¹ Un modèle conceptuel est un diagramme d'un ensemble de relations entre certains facteurs qui sont supposés avoir un impact ou mener à la conservation d'une cible (Salafsky, 2001).

- ✓ Utiliser les résultats obtenus pour ajuster le plan de gestion en fonction de ce qui a été appris.

S'inscrivant dans le cadre de la recherche-action et de la géographie sociale, la présente étude se propose de prendre en compte les questions spécifiques de vulnérabilité et d'adaptation d'une population locale aux moyens de subsistance (le lac Wégnia) probablement menacés par les effets néfastes des changements climatiques. Elle privilégie une approche de gestion flexible et adaptée aux conditions d'incertitude écologique (Ouranos, 2015) : la gestion adaptative (GA). Son originalité réside fondamentalement dans l'identification, la mise en œuvre et l'évaluation des options d'adaptation aux changements climatiques avec les populations rurales à une échelle locale plus fine (terroir), en tenant compte de leur savoir traditionnel et conformément aux principes de la gestion adaptative.

Il convient de noter que les études portant sur l'approche de la gestion adaptative au Mali sont assez rares. Le seul cas documenté (à notre connaissance) est le rapport de Béné et ses collaborateurs (2009). Ces auteurs parlaient du principe selon lequel le concept de résilience, revisité du point de vue socio-économique et de gestion adaptative, peut réduire la vulnérabilité des communautés de pêche et conduire à une meilleure gestion des ressources et de la productivité de l'eau. Mais si le volet portant sur le Diagnostic participatif a été réalisé, les différentes actions de gestion n'avaient été mises en œuvre que pendant 3 à 6 mois au moment de la rédaction de leur rapport. Selon les auteurs eux-mêmes, il était prématuré de s'attendre à un impact tangible de ces interventions sur les moyens de subsistance de la population locale. Donc, la phase d'évaluation et celle d'ajustement des plans d'action et de suivi, qui sont des étapes importantes dans une approche de gestion adaptative, ont été occultées. C'est pourquoi la présente étude, qui ne s'intéresse pas uniquement à l'aspect pêche et qui ambitionne de boucler tout le processus de la GA, mérite d'être menée. Pour ce faire, nous sommes partis d'une question de recherche qui s'articule de la façon suivante :

Dans un contexte d'incertitude écologique en lien avec la variabilité et les changements climatiques, comment assurer la pérennité des ressources du bassin du lac Wégnia tout en fournissant aux populations riveraines des services écologiques appropriés et durables ?

Pour aborder cette question, nous nous sommes appuyés sur les hypothèses suivantes :

- ✓ Les populations riveraines du bassin du lac Wégénia sont en mesure d'identifier les menaces directes et indirectes qui affectent cet écosystème ;
- ✓ Ces populations, ayant déjà mis en place des stratégies pour s'adapter à l'évolution de leur environnement, peuvent proposer de meilleures stratégies dont la mise en œuvre réduirait les principales menaces et assurerait la durabilité des services écosystémiques fournis par le lac ;
- ✓ La surveillance des stratégies mises en œuvre donne des résultats qui permettent d'apprendre et d'ajuster les plans de gestion ;
- ✓ La création d'un cadre de dialogue, grâce à l'approche adaptative, entre les principaux acteurs au sein d'une structure locale de gestion permet une exploitation concertée des ressources du bassin du lac Wégénia.

Pour la rédaction de cette thèse, un plan structuré autour de deux parties a été adopté. Ces deux parties sont précédées d'une introduction. La première partie précise le cadre d'analyse et conceptuel de cette étude et la deuxième partie présente la gestion adaptative du lac Wégénia comme une solution à la vulnérabilité des populations riveraines face aux changements climatiques. Chacune de ces deux parties est subdivisée en chapitres.

La première partie comprend quatre chapitres (du 1^{er} chapitre au 4^e chapitre). Le premier chapitre tente de définir la notion de variabilité et de changements climatiques, ensuite, il présente brièvement l'état des connaissances sur les changements climatiques en Afrique de l'Ouest, avant de faire l'état des lieux des enjeux et scénarios climatiques au Mali. Le deuxième chapitre expose la notion de vulnérabilité, d'adaptation, et de risque lié aux changements climatiques. Le troisième chapitre met en contexte deux principaux concepts utilisés dans cette étude, à savoir la gestion adaptative et le savoir écologique traditionnel. Quant au quatrième chapitre, il analyse la problématique de la gestion des zones humides en Afrique et au Mali.

La deuxième partie se compose de quatre chapitres (les cinquième, sixième, septième et huitième chapitres). Le cinquième chapitre présente la méthodologie relative à la collecte

et au traitement des données nécessaires pour la conception de la gestion adaptative du lac Wégna. Le sixième chapitre porte sur la première phase de la gestion adaptative du lac Wégna (la conception). Le septième chapitre présente le processus de mise en œuvre du plan d'action et de suivi. Enfin, le huitième chapitre est consacré à l'évaluation des activités mises en œuvre.

**PREMIÈRE PARTIE : CADRE D'ANALYSE
CONCEPTUEL**

Chapitre 1. Notion de variabilité et de changements climatiques

Dans cette partie, nous définissons la notion de variabilité et de changements climatiques. Ensuite, nous faisons un bref survol de l'état des connaissances sur les changements climatiques en Afrique de l'ouest et au Mali. Pour le cas du Mali, nous abordons les risques et les scénarios climatiques ainsi que les efforts déployés par ce pays pour lutter contre le phénomène de changements climatiques ainsi que les limites de cette lutte.

1.1. Notion de variabilité et de Changements climatiques

La région sahélienne (incluant la zone d'étude) connaît depuis longtemps des variations chroniques de grande ampleur de ses conditions climatiques qui se caractérisent par une alternance de périodes humides et sèches, voire très sèches (Niasse *et al.*, 2004; Ozer *et al.*, 2010; Nicholson, 1978; Nicholson, 1989). De plus, diverses études prédisent une variabilité et des changements climatiques encore plus marqués dans cette région, avec des périodes sèches plus sèches et plus fréquentes (Igbatayo, 2018). Mais, ces épisodes de sécheresses graves et récurrentes qui sévissent en Afrique de l'Ouest et singulièrement au Sahel depuis fort longtemps (Niasse *et al.*, 2004) constituent-ils la manifestation de la variabilité naturelle du climat ou celle d'un changement du climat dû aux activités anthropiques ou encore les deux à la fois? La question n'est pas tranchée de manière absolue et alimente les débats au sein de la communauté scientifique (Ali, 2010). En réalité, dans le contexte africain, il est difficile de dissocier variabilité et changements climatiques (Al Hamndou et Requier-Desjardins, 2008). Il est donc important de définir le prisme à travers lequel nous utilisons ces deux notions pour éviter toute interprétation. Pour cela, nous allons d'abord tenter de les définir en explorant

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), appelé *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* en anglais, définit les changements climatiques comme la variation de l'état du climat, identifiable à travers les modifications

de la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés, et qui persiste durant une longue période (des décennies ou plus, en général) (IPCC, 2018a). Ils peuvent être liés aux processus internes naturels ou aux forçages externes (naturels ou anthropiques) comme les éruptions volcaniques, les effets des activités humaines dans la composition de l'atmosphère, etc. Selon la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUC), les changements climatiques actuels sont :

« Des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables » (United nations, 1992, p. 4).

Dans cette définition, une distinction est faite entre les changements climatiques liés aux activités humaines qui altèrent l'atmosphère dans sa composition et la variabilité climatique attribuée à des facteurs naturels. La variabilité climatique se réfère à la variation naturelle intra et interannuelle du climat (Al Hamndou et Requier-Desjardins, 2008). La succession de périodes humides et sèches en Afrique de l'Ouest en est une illustration (période humide de 1930 à 1960, sécheresses de 1970 à 1980, et retour des précipitations dans les années 1990 et 2000) (FAO, 2008).

On remarque alors qu'une nuance existe entre la notion de variabilité climatique et celle des changements climatiques. Niassé et ses collaborateurs (2004), en voulant lever les ambiguïtés dans l'utilisation des deux notions, ont préféré définir la notion de variabilité et de changements climatiques comme étant « la modification ou variation significative du climat, qu'elle soit naturelle ou due aux facteurs d'origine humaine » (p. ix).

1.2. Bref survol de l'état des connaissances sur les changements climatiques en Afrique de l'Ouest

Aujourd'hui, il est de plus en plus admis que les activités humaines ont entraîné environ 1°C de réchauffement climatique mondial au-dessus des niveaux préindustriels. Entre 1906 et 2005, les mesures de température indiquent une élévation générale de 0,74°C

(IPCC, 2007). Durant les cinquante dernières années, cette hausse de température a atteint 0,13°C par décennie ; et les années 1998 et 2005 ont été les plus chaudes depuis 1850 (ECOWAS-SWAC/OECD, 2008). Au rythme actuel d'augmentation, ce réchauffement pourrait atteindre 1,5°C entre 2030 et 2052 (IPCC, 2018b).

Cette hausse observée de la température moyenne à la surface du globe depuis le milieu du XX^e siècle est très probablement liée aux concentrations dans l'atmosphère de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O) résultant des activités humaines. Mais, quelle que soit leur cause, les changements climatiques ont des incidences sur les systèmes naturels et humains de tous les continents et dans de nombreuses régions. Ils perturbent les systèmes hydrologiques et influent sur la qualité et la quantité des ressources hydriques (GIEC, 2014).

L'Afrique de l'Ouest est considérée comme un point chaud, un « hotspot », des changements climatiques (Palazzo *et al.*, 2017). Il est indiqué que même si la température mondiale est maintenue en dessous de 1,5°C au-dessus du niveau préindustriel, les régions entre 15°S et 15°N (y compris la zone d'étude qui est située à 13,30°N) devraient connaître une augmentation de chaleur nocturne, ainsi que des vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes. Et, si la température moyenne mondiale atteignait 2°C, toutes les régions subsahariennes connaîtraient des changements importants dans la fréquence et l'intensité des températures extrêmes (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2018).

Pour ce qui concerne les précipitations, des incertitudes demeurent quant aux changements projetés en Afrique de l'Ouest. Mais, la probabilité d'une augmentation significative de la durée des périodes sèches est forte (Diedhiou *et al.*, 2018). De même, certains comme Klutse et ses collaborateurs (2018) prévoient une diminution des précipitations moyennes et un réchauffement plus fort pour cette région quand le réchauffement climatique atteint 1,5°C au-dessus du niveau préindustriel. Présentons la situation au Mali en analysant les enjeux de ce phénomène.

1.3. Les changements climatiques et leurs enjeux au Mali

Depuis très longtemps, le Mali connaît une forte variabilité interannuelle du climat (M.E.T/D.N.M, 2007). L'évolution de la pluviométrie de 1921 à 2001, que présente la figure 3, le démontre suffisamment. Le pays a vécu de 1980 à 2007 cinq épisodes majeurs de sécheresse et deux grandes inondations affectant près de trois millions de personnes et entraînant la dégradation de l'environnement et des ressources naturelles (tarissement des points d'eau, baisse du niveau de la nappe phréatique), l'élévation des températures, et la perturbation de la biodiversité (OSS/Projet ILWAC, 2013).

En parlant de variabilité et de changements climatiques dans un pays sahélien comme le Mali, nous sommes amenés à évoquer deux autres phénomènes : la désertification et la sécheresse. La désertification est « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines » (UNCCD, 1994, p. 4). Quant à la sécheresse, elle exprime un déficit de disponibilité en eau par rapport à une situation considérée comme normale pour une période donnée, une région déterminée et des usages spécifiques (Stour et Agoumi, 2008). On distingue trois types de sécheresse : La sécheresse météorologique, la sécheresse agronomique et la sécheresse hydrologique (Al Hamndou et Requier-Desjardins, 2008; Stour et Agoumi, 2008). La sécheresse météorologique est liée au déficit pluviométrique, la sécheresse agronomique au manque d'eau nécessaire à la croissance des cultures, et la sécheresse hydrologique est relative à la quantité d'eau nécessaire au fonctionnement normal des cours d'eau. Les sécheresses varient en fonction de leur intensité, de leur durée et de leur couverture spatiale (OMM, 2012). Notons qu'une relation existe entre la sécheresse, la variabilité et les changements climatiques, et la désertification. La sécheresse chronique résultant de la variabilité et des changements climatiques joue un rôle d'accélérateur de la désertification qui, elle-même, contribue à la persistance de la sécheresse (Niasse, 2004).

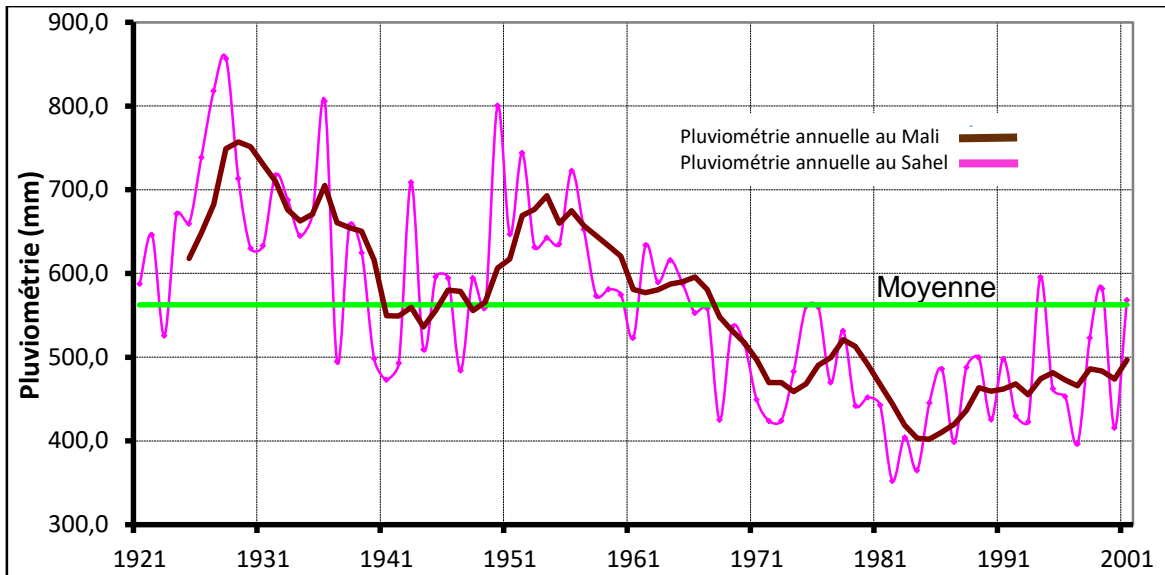


Figure 3. Évolution de la pluviométrie annuelle au Sahel et au Mali, source : Direction Nationale de la Météorologie du Mali (DNM).

1.3.1. Les scénarios climatiques au Mali

Au Mali, une augmentation de température de 3°C et une diminution de la pluviométrie de 22 % par rapport à la normale (1961-1990) sont prévues sur l'ensemble du pays (avec un déplacement des isohyètes vers le Sud) à l'horizon 2100. Une augmentation de température, de l'ordre de 1°C, 1,5°C, et 1,7°C, est respectivement prévue aux horizons 2025, 2030 et 2050 ; et une diminution des précipitations de 2% à 6% ; de 5% à 8% ; et de 5% à 10%, est attendue respectivement pour les mêmes horizons temporels (MEDD/AEDD, 2018).

Au regard de ces scénarios climatiques qui ne sont pas des plus optimistes et en considérant la vulnérabilité des ressources en eau face aux changements climatiques, la nécessité de repenser la gestion de ces ressources s'impose avec acuité pour assurer leur durabilité. L'adaptation aux phénomènes découlant des changements climatiques devient une nécessité pour la population Malienne. Comment ce pays s'organise-t-il pour lutter contre les effets des changements climatiques et quelles en sont les insuffisances ou les limites de cette lutte ?

1.3.2. L'adaptation aux conséquences des changements climatiques au Mali

Pour s'adapter aux changements climatiques, le Mali a pris un certain nombre d'engagements se traduisant par la signature, la ratification et l'application de différentes conventions ou accords internationaux ainsi que par l'élaboration des documents de politiques nationales (MEA/AEDD, 2011). Il s'agit entre autres de :

- ✓ La signature de la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques le 22 septembre 1992 et sa ratification le 28 décembre 1994 ;
- ✓ La signature du Protocole de Kyoto le 27 janvier 1999 et sa ratification le 28 mars 2002;
- ✓ L'élaboration de sa communication nationale initiale en 2000 ;
- ✓ La désignation d'un point focal des changements climatiques en 1992 ;
- ✓ La mise en place d'une Autorité Nationale Désignée (AND) du Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) en 2003 ;
- ✓ L'élaboration de son Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) aux effets néfastes des changements climatiques en 2007 ;
- ✓ L'élaboration de la Politique Nationale sur les Changements climatiques (PNCC) en 2011, assortie d'une stratégie et d'un plan d'action. La PNCC a pour objectif d'apporter des réponses appropriées aux effets des changements climatiques afin que ceux-ci ne constituent pas un obstacle au développement socio-économique du pays et d'assurer un développement durable.

En phase avec un contexte international favorable à la lutte contre les changements climatiques, l'engagement du Mali s'est poursuivi avec l'élaboration de la deuxième et troisième communication nationale, respectivement en 2012 et en 2017 (MEAD, 2017). De plus, le pays a ratifié d'autres conventions internationales comme la convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage adoptée à Bonn (Allemagne), le 23 juin 1979 (créant un cadre de bonne gestion des espèces concernées); la convention internationale pour la protection des végétaux, adoptée à Rome, le 06 décembre 1951 (engageant les États parties à prendre des mesures pour la protection des végétaux), et la convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles adoptée à Alger, le 15 septembre 1968 (Traoré *et al.*, 2016a). Cette dernière

convention, ratifiée le 20 juin 1974, vise à améliorer la protection de l'environnement, promouvoir la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles, harmoniser et coordonner les politiques dans ces domaines afin de mettre en place des politiques et des programmes respectueux des principes du développement durable.

Visiblement, sur le plan institutionnel, le Mali semble être bien outillé pour lutter contre les changements climatiques. Mais, quelle est la réalité sur le terrain?

Au regard des accords internationaux signés et du grand nombre de documents de politiques publiques produits, le Mali a démontré sa volonté de lutter contre les changements climatiques. Cependant, sur le terrain, un décalage existe entre les dispositions au niveau national et les pratiques au niveau local quant à la mise en œuvre de ces politiques (Traoré *et al.*, 2016b). Il existe une incohérence entre les interventions au niveau local et le contenu des documents officiels qui est assez mal connu à l'échelle locale. De plus, des disparités demeurent dans les interventions entre les acteurs étatiques, d'un côté, et entre ceux-ci et les autres acteurs (pouvoirs traditionnels, services techniques, collectivités, organisations de la société civile) de l'autre. Les propos de ces deux acteurs, rapportés par Traoré et ses collaborateurs (2016a) sont parlants :

« À ma connaissance, on n'a pas été associé à l'adoption d'une politique publique au Mali en matière d'adaptation aux changements climatiques. Je n'ai aucun document là-dessus... Ces documents sont restés au niveau de Bamako. Au Mali, on fait toujours les bons textes, mais l'application est nulle. Normalement nous devons être partie prenante de l'élaboration de ces textes et documents » (agent de service technique à Koutiala, entretien du 17 octobre 2014 ; p. 39).

« Très généralement, le niveau local n'est pas bien impliqué ou leurs préoccupations ne sont pas très souvent prises en compte dans le document final. La plupart des cas, c'est un comité restreint d'acteurs composés d'"experts" qui élabore ces politiques... » (B. S., Cadre DGCT, entretien à Bamako, octobre 2014 ; p. 30).

De même, la grande majorité des actions demandées dans les plans nationaux d'adaptation aux changements climatiques (PANA) établis par les pays de l'Afrique de l'Ouest (y compris le Mali) sont restées « lettre morte » (Ozer et Perrin, 2014). D'ailleurs, au Mali « *concernant*

le PANA, c'est une étude qui a permis de définir les besoins et préoccupations des acteurs »
(Traoré et al., 2016a).

Il ressort de ces exemples des obstacles à la mise en œuvre de l'adaptation aux changements climatiques au Mali, un déficit d'information des populations locales et une certaine inefficacité des interventions des pouvoirs publics pour lutter contre les changements climatiques et leurs conséquences.

La présente étude, qui ambitionne de prendre en compte les questions spécifiques de vulnérabilité et d'adaptation d'une population rurale aux effets néfastes des changements climatiques, nous paraît importante. Elle s'articule autour d'une série d'options d'adaptation aux changements climatiques, conçues et mises en œuvre avec les communautés locales, et ce, en privilégiant leur totale implication, et leur savoir écologique traditionnel. À cet égard, elle pourrait servir d'exemple ou de modèle à l'État malien, aux intervenants extérieurs qui investissent dans le développement local, aux services décentralisés et à d'autres chercheurs.

Chapitre 2. Notion de vulnérabilité, notion de risque

Dans ce chapitre, nous tenterons d'abord de définir le concept de vulnérabilité et faire un bref rappel de son évolution historique. Ensuite, nous aborderons la notion d'adaptation (et les concepts associés) et de capacité d'adaptation en essayant de les définir et d'explorer les relations entre elles sur la base de la littérature existante. Enfin, nous terminons par la notion de risque lié aux changements climatiques.

2.1. Notion de vulnérabilité

Le concept de vulnérabilité a évolué au fil du temps et ses définitions sont aussi nombreuses que variées. Birkmann (2006) cité par Becerra (2012) recensait quelque 25 définitions différentes de la vulnérabilité, six écoles théoriques, une vingtaine de manuels et plusieurs guides pour son évaluation. De simple degré d'exposition au risque, comme elle avait été définie au départ, la vulnérabilité est devenue, aujourd'hui, un concept scientifique à part entière (Adger, 2006). Elle peut être définie comme « la propension ou la prédisposition à être affectée négativement », et « englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité ou de fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter » (IPCC, 2018a, p. 560). La vulnérabilité comporte deux aspects bien distincts (Chambers, 1989): un aspect externe, c'est-à-dire l'exposition à des risques, des chocs et stress auxquels un individu, un ménage ou une société est soumis, et un aspect interne, c'est-à-dire le fait d'être dans une disposition sans défense, sans avoir les moyens de faire face (aux événements, aléas ou stress).

2.1.1. Évolution du concept de vulnérabilité et cadre conceptuel de cette recherche

L'évolution historique du concept de vulnérabilité peut être retracée à travers trois paradigmes, que nous analysons en nous appuyant sur les travaux de Hilhorst (2004) et de Magnan (2014) :

- *Le paradigme physique* : apparu dans les années 1950, il se basait sur les caractéristiques physiques de la perturbation (aléa) et du processus d'impact pour déterminer les causes d'une catastrophe donnée. La responsabilité de la société dans la survenance de la catastrophe était presque ignorée ;
- *Le paradigme structurel* : il mettait l'accent sur les dimensions socioculturelles de la vulnérabilité. C'est dans les années 1980 et à la suite des travaux des chercheurs en sciences sociales (anthropologues, géographes et sociologues) que l'on a compris que les catastrophes ne sont pas uniquement la résultante des aspects physiques (aléas). Des aspects sociaux tels que les paramètres socio-économiques (pauvreté) et culturels étaient abordés. Ce qui permet de faire, désormais, une distinction entre aléa issu du processus physique et vulnérabilité du processus social. C'est à cette époque qu'a vu le jour la formule désormais révolue : « Risque = Aléa x Vulnérabilité ». L'aléa exprimait la probabilité de survenance d'un processus (*physique s'il s'agit d'un risque naturel*) et la vulnérabilité représentait le degré de dommages que les « enjeux » (éléments menacés) pouvaient subir, exprimé en valeur absolue ou en pourcentage du total (Reghezza, 2006). Cependant, ne permettant pas de comprendre pourquoi les différents groupes au sein d'une même population ne subissaient pas les impacts d'une même perturbation de la même façon, l'approche du paradigme structurel a montré ses limites (Magnan, 2014);
- *Le paradigme complexe ou paradigme de la réciprocité* : apparu dans les années 1990, il met en exergue la réciprocité des deux processus (physique et humain). C'est-à-dire, autant l'aléa peut influencer le fonctionnement normal d'une société, autant les êtres humains par leurs activités peuvent jouer un rôle dans le déclenchement d'un aléa ou d'une catastrophe. L'exemple des changements climatiques qu'a pris Magnan (2014) est très illustratif de la réciprocité (influence mutuelle) des deux processus : le dérèglement du système climatique est imputable aux activités humaines (rejets de gaz à effet de serre), mais, en retour, les êtres humains en subissent les conséquences. En effet, le paradigme de la réciprocité permet de comprendre le caractère dynamique de la relation être humain/milieu, mais aussi du risque, de la vulnérabilité et de l'aléa (Magnan, 2009a).

De cette brève évolution historique du concept de vulnérabilité, il apparaît que la notion de vulnérabilité est une notion complexe, et un phénomène dynamique puisque les processus biophysiques et sociaux sont eux-mêmes dynamiques (O'Brien *et al.*, 2004a).

Nous nous inspirons de l'approche du paradigme de la réciprocité (figure 4) dans l'analyse des interactions entre le bassin du lac Wégnya et les populations qui vivent dans ses limites. En effet, si la dégradation actuelle du lac Wégnya était liée en partie à des facteurs d'origine humaine, il est très probable (en retour) qu'elle ait des répercussions sur les conditions socio-économiques des riverains.

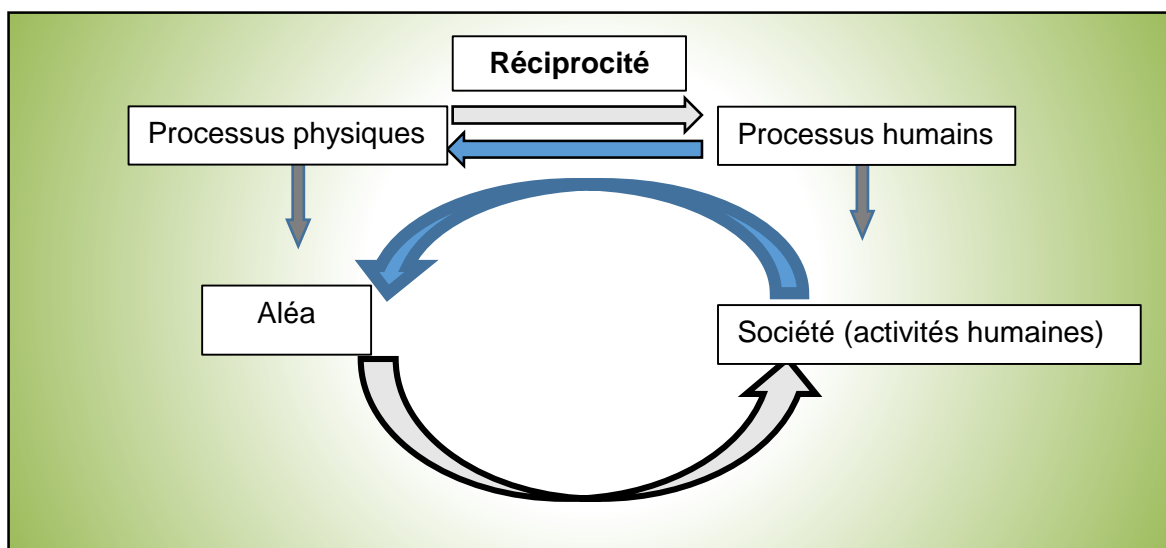


Figure 4. Le paradigme de réciprocité de la vulnérabilité. L'aléa exerce une influence directe sur le fonctionnement de la société, les activités humaines ont en retour un impact sur la probabilité qu'un aléa se déclenche (source : Magnan, 2014).

2.1.2. Les composantes de la vulnérabilité aux changements climatiques

La vulnérabilité d'un système est fonction de l'exposition et de la sensibilité de celui-ci à des conditions dangereuses ou susceptible de le changer et de sa capacité à faire face, à s'adapter ou à surmonter les effets de ces conditions (GIEC, 2014). De ce point de vue, la vulnérabilité comporte 4 principales composantes, à savoir *l'exposition, la sensibilité, l'impact potentiel et la capacité d'adaptation* (Figure 5). L'exposition désigne « la présence de personnes ; moyens de subsistance ; espèces ou écosystèmes ; ressources

environnementales ; infrastructures ; ou biens économiques, sociaux ou culturels dans des lieux et des environnements susceptibles d'être affectés » (GIEC, 2018, p. 549). Parmi les composantes de la vulnérabilité aux changements climatiques, l'exposition est la seule à être directement liée aux paramètres climatiques tels que les températures, les précipitations, le bilan hydrique..., ainsi que les événements extrêmes, tels que les inondations ou encore les sécheresses météorologiques (GIZ, 2015). À cet effet, elle est fonction de la nature et de l'ampleur des variations climatiques, mais aussi du degré de probabilité qu'un système soit affecté par ces variations (OCDE, 2009).

La sensibilité, quant à elle, est une condition faisant partie intégrante d'un système (collectivité, organisation, etc.) qui le rend singulièrement vulnérable. Elle fait allusion à la prédisposition d'un système à être affecté par un aléa (GIZ, 2015 ; OCDE, 2009). Pour un territoire donné, la sensibilité peut porter sur les activités anthropiques ayant des incidences sur la structure physique d'un système, tels que l'exploitation des ressources, la gestion de l'eau, etc. La sensibilité d'un territoire aux changements climatiques peut être mitigée par l'adoption des stratégies d'adaptation (OCDE, 2009). C'est pourquoi nous pensons que pour réduire la sensibilité de la zone humide du lac Wégnya, il faut identifier avec les communautés locales les processus physiques et sociaux qui conduisent à sa dégradation et les options d'adaptation correspondantes, puis mettre en œuvre, suivre et évaluer ces options d'adaptation.

Concernant l'impact potentiel des changements climatiques, il résulte de la combinaison de l'exposition et de la sensibilité (GIZ, 2015). En prenant le cas du bassin du lac Wégnya, les activités humaines qui s'y déroulent et celles ayant lieu dans et autour du lac peuvent être considérées comme des facteurs internes de fragilisation (sensibilité) de cet écosystème, en plus des facteurs externes liés aux conditions climatiques, comme les sécheresses météorologiques (exposition). Ainsi, la fragilité intrinsèque de l'écosystème, couplée avec les effets des changements climatiques pourrait produire un impact potentiel beaucoup plus important si aucune mesure de gestion n'est mise en œuvre.

Enfin, la capacité d'adaptation se réfère à la capacité ou au potentiel d'un système à réagir avec résilience ou à résister aux changements climatiques (Adger *et al.*, 2007). Plus de détails sur cette dernière composante de la vulnérabilité seront fournis dans la section suivante où nous tenterons de définir d'abord les termes « adaptation » et « capacité d'adaptation » avant d'examiner le lien qui existe entre ces deux concepts et la vulnérabilité.

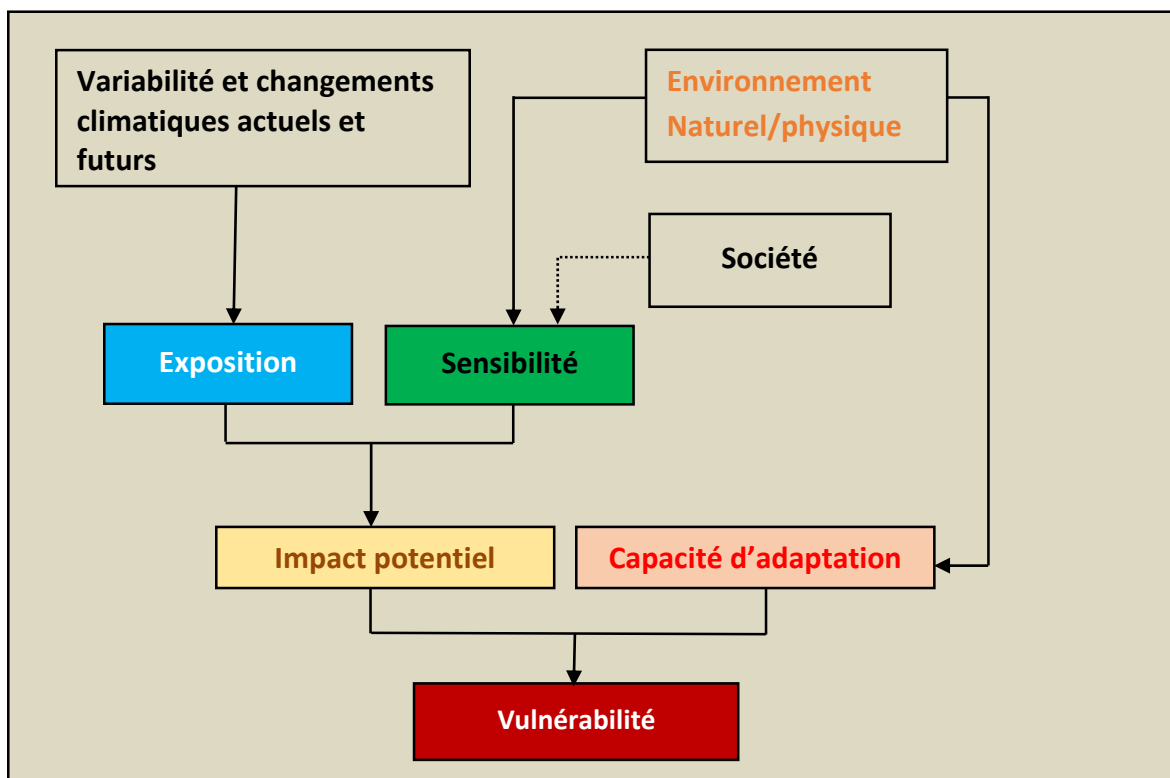


Figure 5. Les composantes de la vulnérabilité (source : GIZ, 2015)

2.2. Réduction de la vulnérabilité par l'adaptation et problématique de la mise en œuvre de l'adaptation aux changements climatiques

Le mot « adaptation » vient du latin *adaptatio* qui désigne l'action d'adapter au sens d'ajuster (Simonet, 2009). Il trouve son origine dans les sciences naturelles, notamment en biologie évolutionniste (Smit et Wandel, 2006). Ici, on fait allusion au développement des caractéristiques génétiques ou comportementales permettant aux organismes ou aux systèmes de faire face aux changements environnementaux afin de survivre et de se

reproduire (Winterhalder, 1980). En plus de la biologie, d'autres disciplines comme la psychologie, l'anthropologie, la sociologie, et la géographie utilisent le concept d'adaptation (Simonet, 2009). Cette transdisciplinarité explique pourquoi le mot adaptation a plusieurs définitions. Dans cette étude, nous l'utilisons dans le cadre des changements environnementaux, en général, et des changements climatiques, en particulier. À cet effet, la définition du terme adaptation que nous privilégions est celle de Smit et Pilifosova (2003) selon lesquels « l'adaptation fait référence aux ajustements des systèmes écologiques, sociaux ou économiques en réponse à des stimuli climatiques réels ou attendus et à leurs effets ou impacts. Elle fait référence aux changements de processus, de pratiques et de structures visant à atténuer les dommages potentiels ou à tirer profit des opportunités associées au changement climatique » (p. 879).

L'adaptation peut revêtir deux formes (Smit *et al.*, 2000): l'adaptation réactive qui consiste à réagir après les impacts adverses des changements climatiques et l'adaptation anticipative qui, au contraire, consiste à agir avant la production des impacts dans l'objectif de réduire la vulnérabilité à ces impacts, d'en limiter les conséquences perverses ou d'en tirer des bénéfices.

On parle de capacité d'adaptation en faisant référence à la capacité ou au potentiel d'un système à réagir avec succès à la variabilité et aux changements climatiques, et elle comprend des ajustements à la fois dans le comportement, dans les ressources et dans les technologies (Adger *et al.*, 2007). La capacité d'adaptation intègre les moyens d'action (les moyens physiques, institutionnels, sociaux ou économiques) ainsi que les caractéristiques personnelles ou collectives telles que l'aptitude à diriger (le leadership) et les capacités à gérer les ressources durablement (Mara, 2010; Chambers, 1989).

Ainsi, les concepts de *vulnérabilité*, *d'adaptation* et de *capacité d'adaptation* sont des concepts intimement liés. Les *adaptations* d'un système représentent des moyens de réduction de la vulnérabilité et sont les manifestations de la *capacité d'adaptation* (Smit et Wandel, 2006). Et, la nature de la vulnérabilité constitue un bon guide de l'efficacité des choix d'adaptation (Magnan, 2014). Pour ce qui est de la capacité d'adaptation, elle est un

préalable nécessaire à la conception et à la réalisation de stratégies d'adaptation efficaces (Brooks et Adger, 2005).

Notons, par ailleurs, que la notion de capacité d'adaptation ne fait pas l'objet d'un consensus chez les auteurs. Certains, comme Smit et Pilifosova (2003), pensent que la capacité d'adaptation des communautés humaines est déterminée par leurs caractéristiques socio-économiques et que les pays en voie de développement ont une faible capacité d'adaptation aux changements climatiques, et donc sont plus vulnérables. Par contre, d'autres (Magnan, 2009b; O'Brien *et al.*, 2004b; Dupuis et Knoepfel, 2011) ne partagent pas totalement ce courant de pensée. Magnan (2009b), en prenant l'exemple de la tempête de 1999 et la canicule de 2003 en France, et l'ouragan Katrina qui a touché la Nouvelle-Orléans en 2005, réinterroge la capacité réelle des pays dits développés à gérer les catastrophes naturelles. Si on peut établir une corrélation entre la capacité d'adaptation et le niveau de développement, il n'est pas évident qu'une bonne capacité d'adaptation soit une garantie qu'un bon usage en sera fait (OCDE, 2009). Selon Magnan (2009b), la capacité d'adaptation n'est pas qu'une question de potentialités économiques et technologiques, mais il y a d'autres attributs de la société (aspects culturels, rapports sociaux, structuration politique et institutionnelle des territoires) qui peuvent exercer une grande influence sur l'aptitude à s'adapter (aux changements climatiques). Il pense que rien ne permet de dire que les communautés des pays dits en voie de développement manquent d'aptitudes à s'adapter et que celles des pays dits développés en ont suffisamment. Il est soutenu en cela par O'Brien et ses collaborateurs (2004b) qui démontrent, dans l'exemple de la Norvège, qu'une forte capacité d'adaptation n'est pas nécessairement une garantie pour que des actions concrètes soient mises en œuvre dans des zones très vulnérables. Ils soulignent que les statistiques nationales (revenu par habitant, fonds national de secours aux sinistrés...) font de la Norvège « un pays résilient », mais qu'en revanche, lorsque l'on change d'échelle, passant du niveau national au niveau régional et local en prenant en compte les différences sociales et économiques, on constate alors que des vulnérabilités apparaissent dans certaines régions, localités et groupes sociaux.

Quoi qu'il en soit, les pays sahéliens sont confrontés depuis fort longtemps à des conditions d'aridité et de désertification qui s'expriment à travers des sécheresses périodiques avec des conséquences sur les ressources et les activités qui dépendent de la pluviométrie (Clot, 2008). Selon Bretaudeau et ses collaborateurs (2011), les systèmes de production économiques de la sous-région ouest-africaine, fondés sur l'exploitation des ressources naturelles locales, restent fortement tributaires du climat et de ses variations. Ils ajoutent que sans mesure d'adaptation, la plupart des progrès, réalisés ces 50 dernières années en matière de développement et de lutte contre la pauvreté, seront inéluctablement compromis.

L'adaptation devient, dès lors, un impératif de développement pour l'Afrique de l'Ouest. Or, l'adaptation ne donne pas toujours les résultats escomptés. Certaines initiatives d'adaptation entreprises peuvent avoir des effets négatifs. Dans ce cas, on parle de « maladaptation » (IPCC, 2018a, p. 553). Le concept de maladaptation fait surface à la fin des années 1990 dans le contexte des changements climatiques. Le GIEC, dans son troisième rapport publié en 2001, le définit comme tout changement dans les systèmes naturels ou humains contribuant plutôt à augmenter la vulnérabilité aux stimuli climatiques qu'à la réduire. C'est-à-dire, une adaptation qui ne réussit pas à réduire la vulnérabilité, mais l'augmente plutôt (GIEC, 2001). Ensuite, une définition plus structurée est donnée par Magnan (2013) : « *la maladaptation désigne un processus d'adaptation qui résulte directement en un accroissement de la vulnérabilité à la variabilité et aux changements climatiques et/ou en une altération des capacités et des opportunités actuelles et futures d'adaptation* » (p. 2). On entrevoit à travers la maladaptation tout l'enjeu de la mise en œuvre de l'adaptation, qui peut être incrémentale ou transformationnelle.

L'adaptation incrémentale consiste, dans le contexte des changements climatiques, en l'introduction de petits changements stratégiques dans les pratiques existantes afin de maintenir le fonctionnement, l'intégrité et les valeurs des systèmes socioécologiques existants (Termeer *et al.*, 2017; Noble *et al.*, 2014). Mais, il se peut que l'évolution des changements climatiques (prévus) rende totalement insuffisant ce type d'adaptation (Kates

et al., 2012). On parle alors de limite à l'adaptation (Ouranos, 2015, p. 19). C'est-à-dire un seuil au-delà duquel un système ne peut plus tenir et c'est là où un autre type d'adaptation, soit « l'adaptation transformationnelle », sera nécessaire pour éviter la catastrophe.

L'adaptation transformationnelle est une adaptation qui modifie fondamentalement les attributs d'un système socioécologique en prévision des changements climatiques et de leurs impacts (IPCC, 2018). Il s'agit d'un changement significatif ou radical dans les pratiques habituelles, « dans notre façon d'agir » (par exemple faire déplacer une population à cause des risques climatiques qu'elle encourt) (Ouranos, 2015). L'adaptation transformationnelle a l'avantage de proposer des options d'adaptation et des stratégies là où l'adaptation incrémentale a montré toutes ses limites (Kates *et al.*, 2012).

En clair, c'est la problématique de la mise en œuvre de l'adaptation qui se pose. Il s'agit alors de bien réfléchir aux mesures d'adaptation afin d'éviter que des actions initiées, au titre de l'adaptation, ne génèrent pas des effets négatifs aujourd'hui et dans le futur. Suivant cette logique, toute initiative qui ne réduit pas de façon significative la vulnérabilité d'un système aux aléas climatiques ne relèverait pas de l'adaptation. Les mesures d'adaptation étant parfois complexes (contextes et échelles diverses), l'efficacité de leur mise en œuvre dépend du suivi et de l'apprentissage (GIEC, 2014a). C'est pourquoi dans cette étude, la gestion adaptative est préconisée pour la mise en œuvre efficace des stratégies d'adaptation visant à mieux gérer le lac Wégénia face à l'incertitude écologique liée aux changements climatiques. Cette approche de gestion adaptative s'appuie sur les connaissances traditionnelles des populations riveraines, qu'on peut appeler ici « *connaissance ou savoir écologique traditionnel* » puisqu'il s'agit de la gestion d'un écosystème. Qu'est-ce que la gestion adaptative ? Qu'est-ce qui la différencie des autres types de gestion ? Quelle est son importance et dans quel contexte peut-on l'appliquer ? Ce sont là quelques interrogations auxquelles nous nous efforcerons de répondre dans le prochain chapitre. De même, une clarification sera donnée au concept de « savoir écologique traditionnel ». Mais, voyons d'abord la notion de risque.

2.3. Notion de risque : les risques climatiques au Mali

Le risque climatique désigne l'ensemble des conséquences potentielles et incertaines liées au climat sur des choses, des éléments ayant une valeur (par exemple les ressources, les êtres humains, les écosystèmes, la culture, etc.) (GIZ et EURAC, 2017; GIEC, 2014). Il est fonction des interactions entre les aléas climatiques et la vulnérabilité et l'exposition des systèmes naturels et humains (GIEC *et al.*, 2015) (Figure 6).

Les risques liés aux changements climatiques sont évidents et se constatent à travers les systèmes naturels et humains comme les réserves d'eau douce, la sécurité alimentaire et la santé (Wade *et al.*, 2015). Pour les ressources en eaux, les risques d'incidences des changements climatiques portent sur la possibilité d'une réduction des réserves en eau vers le milieu du siècle dans les régions tropicales arides (Wahlström, 2009).

Au Mali, les risques climatiques identifiés dans le cadre du programme d'action national pour l'Adaptation (PANA) aux effets néfastes des changements climatiques demeurent la sécheresse, l'inondation, les vents forts et la forte variation de température (M.E.T/D.N.M, 2007). Parmi ces risques, les inondations et la sécheresse constituent les principaux risques dans le pays. À ces risques s'ajoutent les événements climatiques extrêmes tels que les tempêtes, qui sont de plus en plus violentes et fréquentes (MEDD/AEDD, 2018). Quant aux secteurs à risque climatique, on note entre autres la santé, la pêche, l'énergie, les ressources en eau, l'élevage et la forêt (M.E.T/D.N.M, 2007).

Concernant les ressources en eau au Mali, et en dépit de leur apparente abondance (137 milliards de m³/an contre une utilisation actuelle estimée à 3,6 milliards de m³/an), les changements climatiques auront des incidences sur leur mobilisation à travers notamment : la forte évaporation des eaux de surface en lien avec les températures élevées (pouvant atteindre 45°C et descendant rarement en deçà de 10°C); les vents forts; la baisse du niveau des nappes phréatiques; les étiages de plus en plus sévères des cours et points d'eau naturels et leur ensablement lié à l'érosion hydrique et éolienne; la prolifération des plantes aquatiques flottantes; la diminution de la durée de la saison pluvieuse et la diminution régulière de la pluviométrie avec une grande variation dans le temps et dans l'espace

(variation spatiotemporelle) (MEA/AEDD, 2011). Quant aux forêts, si elles occupaient environ 32 millions d’hectares du territoire national en 1985, de nos jours, elles occupent seulement 17,4 millions d’hectares en raison de diverses pressions humaines auxquelles s’ajoutent les impacts négatifs des changements climatiques (M.E.T/D.N.M, 2007; MEA/AEDD, 2011).

Ainsi, les ressources en eau et les formations forestières sont soumises à la sécheresse, aux vents forts et aux fortes variations de température. Or, ces risques climatiques risquent d’augmenter d’ampleur en égard aux scénarios climatiques qui se dessinent au Mali. De façon générale, le risque peut être réduit par les mesures d’adaptation en réduisant la vulnérabilité et même l’exposition dans une certaine mesure (Wade *et al.*, 2015). À cet effet, pour réduire le risque climatique des populations riveraines du lac Wégénia, il importe de réduire leur vulnérabilité. La réduction de leur vulnérabilité passe par la mise en œuvre d’options d’adaptation pouvant réduire la vulnérabilité de leurs ressources naturelles et celle de leurs moyens de subsistance (entre autres) face aux aléas climatiques.

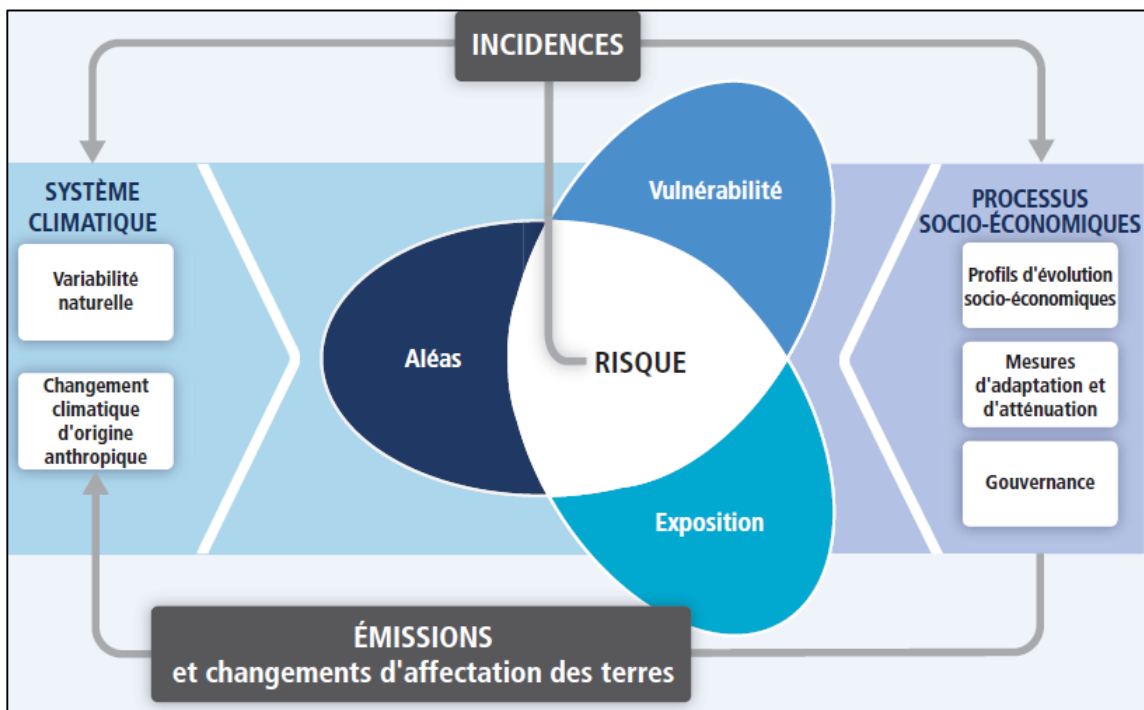


Figure 6. Risque = interaction entre les aléas climatiques, l’exposition, la vulnérabilité (Source : GIEC, 2014a)

Chapitre 3. Définition et mise en contexte des concepts de gestion adaptative et de savoir écologique traditionnel

Le présent chapitre s'articule essentiellement autour du concept de la gestion adaptative (GA) et celui du savoir écologique traditionnel. Il s'agit de les définir et de préciser pourquoi et dans quel contexte ils sont utilisés dans cette étude. Pour cela, nous examinons dans un premier temps le concept de gestion adaptative et clarifions en même temps d'autres notions qui lui sont proches ou associées, notamment la cogestion et la cogestion adaptative. Ensuite, nous présentons le savoir écologique traditionnel comme étant un support important dans la gestion adaptative des ressources naturelles et complémentaire à la connaissance scientifique.

3.1. La Gestion adaptative

L'origine de la gestion adaptative remonte au début des années 1900. Son idée est liée à des disciplines différentes de la gestion des ressources naturelles (Haber, 1964 cité par Stankey *et al.*, 2005). Par exemple, on retrouve la gestion adaptative ou des notions très proches dans les affaires, la science expérimentale, la théorie des systèmes, en écologie industrielle et en apprentissage social (Williams, 2011a). Mais, c'est surtout dans la gestion des ressources naturelles que le concept a connu une attention particulière (Bormann *et al.*, 1999). C'est avec la publication de l'ouvrage de Holling en 1978, intitulé « *Adaptive environmental assessment and management* », que le concept de la gestion adaptative a commencé à être reconnu en tant que cadre capable de résoudre des problèmes complexes de gestion de l'environnement. Plus tard, d'autres auteurs tels que Walters (1986), Lee (1993), et Gunderson *et al.* (1995), ont contribué au développement et à la promotion du concept de la gestion adaptative et de son potentiel (Stankey *et al.*, 2005).

La notion de gestion adaptative comporte aujourd'hui plusieurs définitions, dont certaines sont peu informatives (Cordonnier et Gosselin, 2009). Ici, nous proposons la définition de Bormann et ses collaborateurs (1999) :

« La gestion adaptative est une approche de la gestion des systèmes naturels complexes reposant sur l'apprentissage - basé sur le bon sens, l'expérience, l'expérimentation et la surveillance - en adaptant les pratiques en fonction des connaissances acquises » (p. 506) [traduction libre de l'auteur (TLA)].

L'apprentissage est donc un facteur structurant du processus de la gestion adaptative. Par exemple, pour Cordonnier et Gosselin (2009), une gestion n'est considérée comme adaptative que si l'acquisition de connaissances ou d'expériences est organisée de façon délibérée au sein du processus de gestion lui-même et s'il y a une procédure définie pour ajuster les pratiques futures en tenant compte de cet apprentissage. Les mêmes auteurs, pour montrer que la gestion adaptative est une approche qui met l'accent sur l'apprentissage, parlent de « gestion apprenante et adaptative ». L'approche de la gestion adaptative est potentiellement applicable chaque fois que les ressources naturelles sont susceptibles de changer en fonction des actions de gestion et que les conditions environnementales varient dans le temps (Williams, 2011b).

3.1.1. La gestion adaptative : une stratégie de gestion des ressources naturelles face à l'incertitude

La prise de décisions dans un contexte d'incertitude lié à l'adaptation aux changements climatiques est un défi auquel la gestion adaptative permet de répondre (Ouranos, 2015). Développée par Holling (1978) et Walters (1986), la gestion adaptative est apparue comme un outil de gestion des ressources naturelles face à l'incertitude (Rist *et al.*, 2013). En effet, les incertitudes inhérentes à la gestion des ressources naturelles amènent les gestionnaires à se poser un certain nombre de questions auxquelles il n'est pas toujours aisé de répondre (Taylor *et al.*, 1997): quel est le meilleur moyen d'atteindre les objectifs de gestion ? Comment les actions proposées affecteront-elles l'écosystème à long terme? Comment pouvons-nous répondre aux attentes changeantes? La réponse serait

d'apprendre au fur et à mesure grâce à la « gestion adaptative ». L'approche de la gestion adaptative est fondée sur le fait que la capacité de prédiction des futurs facteurs clés pouvant influencer un écosystème ainsi que le comportement et les réponses de celui-ci est très limitée. Dès lors, la gestion doit être adaptative et intégrer la capacité de modifier les pratiques de gestion sur la base des leçons apprises sur le système géré (Pahl-Wostl, 2007). Il s'agit, en d'autres termes, d'apprendre comment un système répond aux mesures ou aux actions de gestion et augmenter le niveau de certitude quant à la meilleure façon d'atteindre les résultats souhaités. À cet effet, l'identification et la réduction de l'incertitude écologique sont l'objectif principal de la gestion adaptative (Walters, 2007; Rist *et al*, 2013; Allen *et al.*, 2011). Elle articule explicitement les hypothèses, la conception d'expériences de gestion pour tester ces hypothèses, puis le suivi des résultats pour les affiner et construire des connaissances (Taylor *et al.*, 1997).

3.1.2. La gestion adaptative : un processus participatif et itératif

La GA est une démarche collaborative qui inclue plusieurs parties prenantes (Lee, 1999). Cordonnier et Gosselin (2009) ont distingué deux formes de gestion adaptative en fonction du type de collaboration ou de participation : la *gestion adaptative à participation limitée*, impliquant seulement le « duo gestionnaires-chercheurs » ; et la *gestion adaptative intégrée* qui implique d'autres acteurs comme les associations, les collectivités, les organisations non gouvernementales, et les citoyens. Ils reconnaissent tout de même que la plupart des auteurs accordent de l'intérêt à la gestion adaptative intégrée qui permet des échanges fructueux et des retours solides. En fait, la participation des personnes à l'extérieur de la structure de gestion permet de faire face aux conflits potentiels et d'augmenter les contributeurs aux solutions de gestion (Holling, 1978; Walters, 1986). Selon Rist et ses collaborateurs (2013), la participation des parties prenantes, qui se fait tout au long du processus, est au centre de l'approche de la gestion adaptative. Elle est déterminante pour la réussite de la gestion des ressources naturelles.

Si elle était l'apanage des experts scientifiques dans le temps, la gestion des ressources naturelles implique, depuis une trentaine d'années, la participation des acteurs

locaux. C'est pourquoi de 1990 à nos jours, des concepts comme la « cogestion » et la « cogestion adaptative » ont fait leur apparition dans la littérature (Gendreau, 2016) (Figure 7). La cogestion désigne « le partage du pouvoir et des responsabilités entre le gouvernement et les utilisateurs locaux des ressources » (Berkes *et al.*, 1991, p. 6) (TLA). Il s'agit d'une sorte d'arrangement dont le but est la prise de décisions communes entre l'État et les communautés locales concernant l'utilisation des ressources. Selon Gendreau et ses collaborateurs (2012), il est avantageux d'impliquer les populations autochtones, car des populations vivant près des ressources naturelles et confrontées, depuis des millénaires, à des environnements en perpétuelle mutation, sont les premières à identifier les changements et élaborer une gamme variée de stratégies pour s'y adapter. Quant à la « cogestion adaptative », issue de la fusion entre les concepts de gestion adaptative et de cogestion, elle se définit comme un processus par lequel les arrangements institutionnels et le savoir écologique sont testés et révisés, à travers un processus dynamique, continu et auto-organisé, d'apprentissage par la pratique (Folke *et al.*, 2002).

Dans la présente étude, puisque l'État, les collectivités territoriales et les communautés locales sont tous parties prenantes à la gestion du bassin du lac Wégna, nous aurions pu parler de « cogestion adaptative ». Mais, la particularité dans le cas présent est que le projet a été initié dans le cadre d'une recherche doctorale et il est presque entièrement porté par les communautés locales, c'est-à-dire les riverains du lac Wégna. C'est pourquoi nous avons décidé de maintenir le terme de gestion adaptative au lieu de cogestion adaptative. Donc l'approche que nous privilégions ici est celle de la gestion adaptative que nous avons conçue, mise en œuvre, suivie et évaluée. Et des recommandations avec les communautés locales ont été formulées à l'issue de l'évaluation, et ce, en tenant compte du savoir traditionnel qu'elles possèdent sur leur environnement.

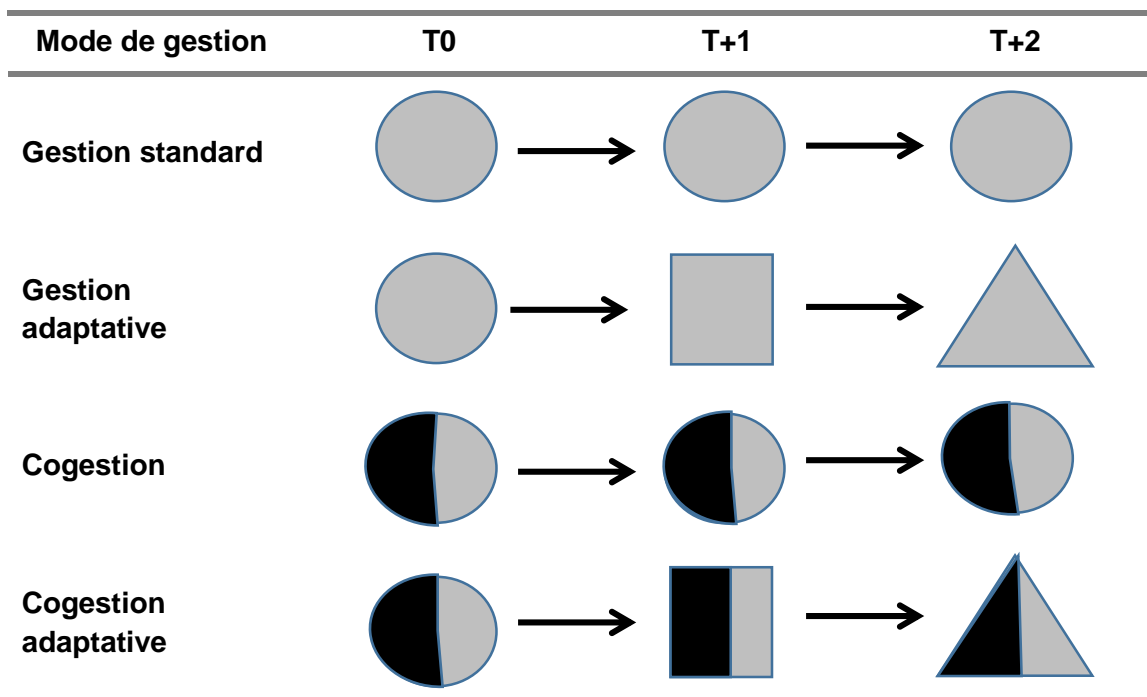


Figure 7. L'évolution des différents modes de gestion des ressources naturelles dans le temps. Les différentes formes géométriques représentent les changements dans le plan de gestion. Les différentes teintes représentent les acteurs impliqués dans le processus de gestion (par ex : populations locales = gris foncé ; gouvernementaux, collectivités locales = gris pâle) (Source : Gendreau, 2016).

3.1.3. Les étapes du processus de la GA : un cycle d'apprentissage itératif

Le processus de la GA est un cycle d'apprentissage comprenant six étapes (Figure 8). L'itération de ce cycle permet de réduire les incertitudes et d'améliorer les résultats de gestion au fil du temps (Rist *et al.*, 2013; Murray et Marmorek, 2003). Il s'agit de :

- Définir explicitement les problèmes de gestion et les objectifs ;
- Représenter les connaissances actuelles à l'aide d'un modèle de système incluant les hypothèses et les prédictions comme base pour l'apprentissage ultérieur ;
- Identifier les incertitudes et hypothèses alternatives sur la base de l'expérience ;
- Mettre en œuvre des actions ou des politiques pour permettre la gestion continue des ressources tout en apprenant ;
- Suivre l'effet des actions ou politiques mises en œuvre ;

- Évaluer les résultats du suivi et apprendre à partir de ceux-ci. Comparer les résultats avec l'attente initiale et réviser les modèles et/ou les mesures de gestion en fonction de ce qui a été appris.

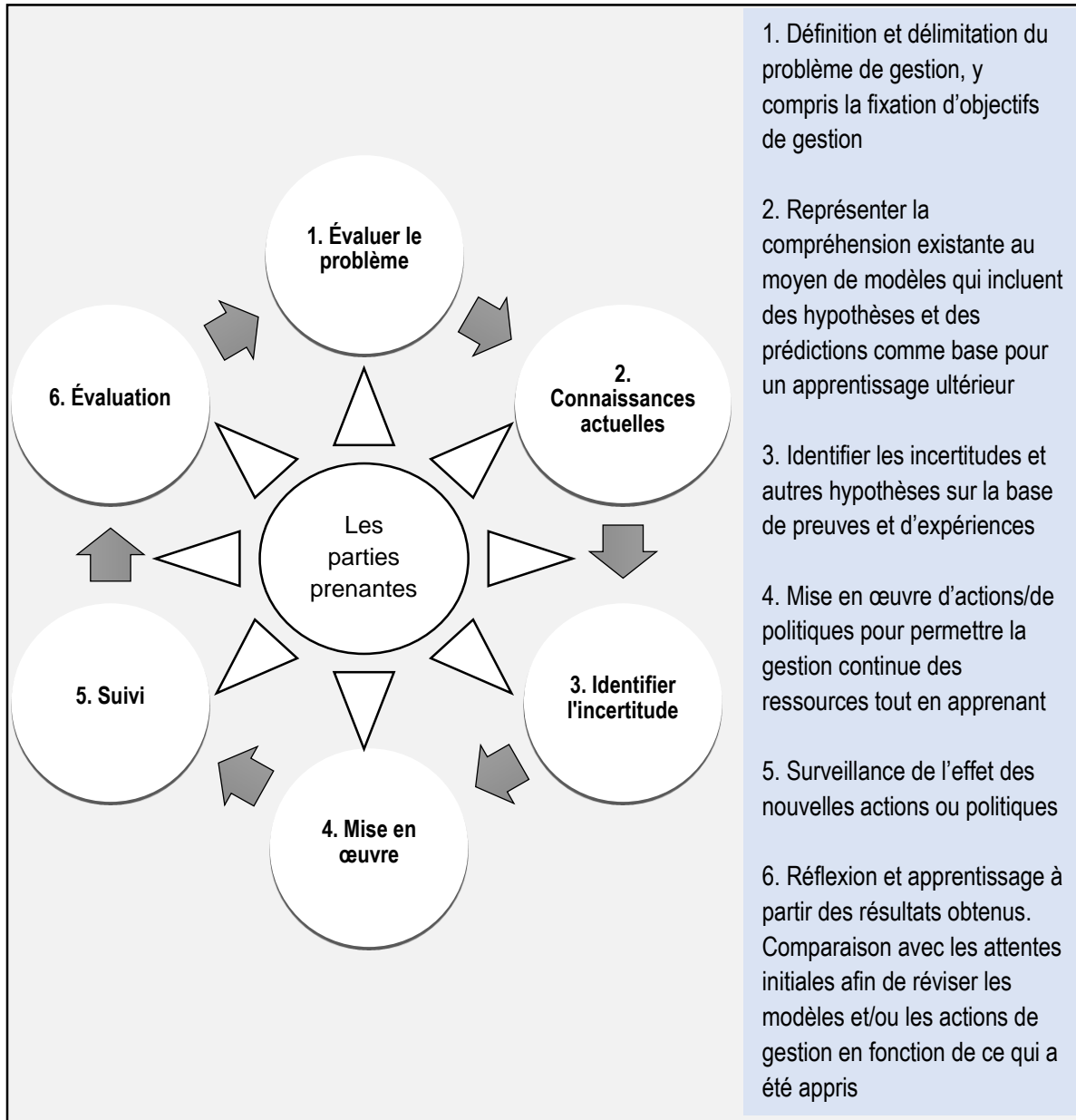


Figure 8. Le processus de la gestion adaptative (basé sur Holling, 1978 ; et Walters, 1986).

3.1.4. Les types de gestion adaptative

Trois types de gestion adaptative apparaissent dans la littérature, à savoir la « gestion adaptative réactive », la « gestion adaptative passive » et la « gestion adaptative active » (Figure 9).

La gestion adaptative réactive est une approche dans laquelle les stimuli externes au système géré provoquent les changements (par exemple : les décisions gouvernementales, judiciaires, les réactions du public, les résultats de la recherche scientifique, etc.). Mais, il n'y a aucun mécanisme explicite de suivi et d'évaluation, et le plan de gestion n'est ajusté que sous l'influence des stimuli externes (Hilborn, 1992). D'après le même auteur, l'apprentissage est moins rapide, mais à force de répéter sans cesse les mêmes erreurs, on finira par tirer des leçons de ses erreurs. Cependant, des difficultés apparaissent quand différents stimuli sont en conflit et que des changements sont apportés au plan d'action beaucoup plus rapidement qu'on apprend véritablement sur le système géré (Gangbazo, 2009).

Dans l'approche passive, après l'analyse des différentes actions de gestion, l'action qui sera jugée la meilleure est conçue et mise en œuvre. Ensuite, des ajustements peuvent être apportés au plan de gestion grâce au suivi et à l'évaluation (Murray et Marmorek, 2003). Bien que la gestion adaptative passive soit moins coûteuse, car une seule stratégie de gestion alternative est mise en œuvre, elle comporte deux faiblesses (Walters et Holling, 1990; Murray et Marmorek, 2003) : (1) puisqu'une seule alternative est implémentée, on ne peut pas faire une comparaison entre les alternatives. Ainsi, l'absence de comparaison formelle des alternatives peut masquer les faiblesses de l'approche qui est supposée être la meilleure. En conséquence, il se peut que plusieurs itérations d'expériences de gestion adaptative passive soient nécessaires pour trouver la meilleure méthode ; (2) la gestion adaptative passive peut également confondre les effets des changements environnementaux naturels et les effets de la gestion, ce qui réduit ainsi la capacité des gestionnaires à tirer des conclusions sûres et convaincantes. Cela a fait dire à certains auteurs qu'avec la gestion adaptative passive, l'apprentissage se produit de façon

hasardeuse et est incorporée ensuite dans les plans de gestion (McCarthy et Possingham, 2007). Pour d'autres, elle est une gestion dans laquelle l'apprentissage est valorisé, mais ne fait pas partie du plan de gestion (Rout *et al.*, 2009).

À la différence de la gestion adaptative passive, la gestion adaptative active est une approche où plusieurs alternatives sont testées en même temps (Hilborn, 1992; Gangbazo, 2009). Dans ce cas, plusieurs itérations peuvent ne pas être nécessaires pour trouver la meilleure alternative puisque l'apprentissage se fait plus rapidement (figure 9). En effet, même si elle peut engendrer un investissement plus important en termes de temps, de main-d'œuvre et de fonds, la gestion adaptative active accorde explicitement de la valeur à l'apprentissage de l'efficacité de la gestion en surveillant ses résultats (Holling, 1978 ; Walters, 1986).

Dans le cadre de cette étude, nous pouvons dire que le type de gestion adaptative pour lequel nous avons opté est la gestion adaptative passive, dans la mesure où une seule option adaptative a été mise en œuvre dans les deux principaux domaines où nous sommes intervenus. Il s'agit de la protection et de la restauration des sols autour du lac Wégna à travers la plantation d'arbres et la construction des cordons pierreux. Pour le volet pisciculture, c'est un seul étang piscicole qui a été construit pour l'élevage des poissons.

Les trois approches, à des degrés différents, permettent d'apprendre sur le fonctionnement du système géré. Mais, à quelles étapes du processus de la gestion adaptative cet apprentissage est-il stimulé ?

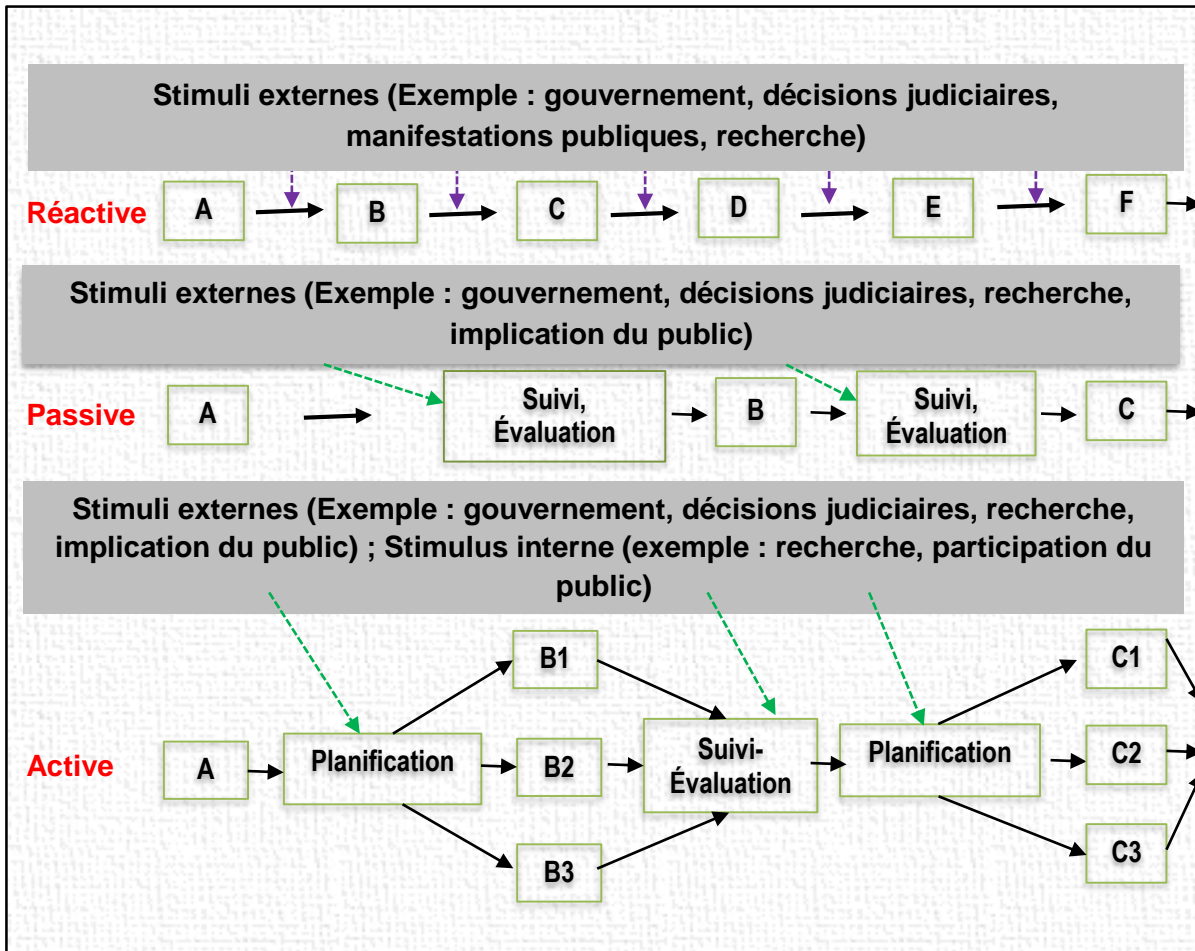


Figure 9. Processus de changements dans le plan d'action selon la nature de gestion. A, B, C, D, E et F signifient les changements apportés au plan d'action. Les flèches représentent les flux de connaissance qui influencent les décisions (source : Hilborn, 1992 ; et Gangbazo, 2009).

3.1.5. L'apprentissage en gestion adaptative

Toute institution de gestion apprend à travers les trois étapes essentielles que sont le suivi, l'évaluation et la réponse (Hilborn, 1992). Le suivi consiste à mettre en place un système de collecte de données pour savoir ce qui s'est véritablement produit pendant et après la mise en œuvre du plan d'action. Les données de surveillance recueillies sont analysées afin de faire des recommandations concernant les mesures à prendre : c'est l'évaluation. Quant à la réponse, elle fait allusion au fait que le plan de gestion doit être modifié en fonction (en réponse) du suivi et de l'évaluation. L'auteur dira que « si vous ne

pouvez pas répondre à ce que vous avez appris, c'est que vous n'avez vraiment pas appris du tout » (p. 8). Ainsi, l'apprentissage en GA consiste à documenter systématiquement le processus de suivi et les résultats obtenus. Cette documentation permettra alors de ne pas commettre les mêmes erreurs (s'il y en a eu) à l'avenir, mais surtout de modifier vos plans en connaissance de cause (Salafsky *et al.*, 2001).

Dans le cadre de cette étude, la conception, la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de la gestion adaptative du lac Wégna ont été réalisés en étroite collaboration avec les communautés riveraines locales. L'expérience et le savoir de ces communautés sur leur environnement ont été d'un apport important dans ce processus de gestion. Il convient donc d'analyser ce type de savoir, appelé « savoir écologique traditionnel » quand il concerne l'environnement (Usher, 2000). Ainsi, comme plusieurs auteurs l'ont reconnu, un bon rapport entre les connaissances scientifiques et le savoir écologique traditionnel ou indigène, qui ont tous les deux leurs limites, est souhaitable, surtout dans les pays en développement qui sont en retard dans les techniques de prévision et de modélisation (Busquet, 2006; Gyampoh *et al.*, 2009; Lesage, 2012).

3.1.6. Les contextes d'application de la gestion adaptative

La gestion adaptative est quelquefois critiquée comme approche de gestion des ressources naturelles malgré son adoption par de nombreuses agences de gestion des ressources, ONG, et organismes de politique internationale (Williams et Johnson, 1995). Qu'est-ce qui explique ce pessimisme face à l'application de la gestion adaptative ?

Certains estiment que peu de projets de gestion adaptative ont été effectivement mis en œuvre et que ceux qui existent se caractérisent par une durée trop courte pour évaluer leur efficacité (Westgate *et al.*, 2013). Selon Lemos (2015), l'apprentissage adaptatif prenant en compte les systèmes socioécologiques est très difficile à accomplir et même une mise en œuvre réussie de l'apprentissage ne conduit pas nécessairement à un changement de comportement. De leur côté, Allen et Gunderson (2011) soulignent que la GA est difficile à mettre en œuvre et n'est appropriée que dans un nombre restreint de problèmes de gestion des ressources naturelles. Schoeman et ses collaborateurs (2014) vont jusqu'à

affirmer que la GA est plus « un idéal qu'une réalité... (avec) peu de preuves de succès; ambiguïté de la définition; complexité; barrières institutionnelles; risque; et coût » (p. 382).

En dépit de ces critiques, il est à noter qu'au cours des deux dernières décennies, la gestion adaptative a été utilisée dans de nombreux pays, et elle est largement adoptée aujourd'hui comme concept fondamental dans la gestion des ressources naturelles (Parks, 2011) et largement citée dans la littérature académique (Johnson, 1999). L'approche a été développée pour être utile face à l'incertitude qui caractérise la gestion de tout système naturel (Nichols *et al.*, 2007) et ses applications réussies sont aussi nombreuses que documentées (Parks, 2011). À titre d'exemple, dans le domaine de la pêche (Wilson *et al.*, 2006; Berkes, 2006 ; Berkes; Raakjær *et al.*, 2007); dans le domaine de la foresterie (Bormann *et al.*, 1996 ; Murray *et al.*, 2003 ; Marmorek *et al.*, 2006), et dans celui de la faune (Williams *et al.*, 1996; Johnson *et al.*, 1999; Varley *et al.*, 2006; Nichols *et al.*, 2007). Dans le domaine de l'eau, la gestion adaptative a été explicitement adoptée comme un cadre organisationnel central pour la restauration des grands écosystèmes riverains, lacustres et côtiers, y compris le haut Mississippi, le Missouri, le Columbia et le Colorado (Grand Canyon) ...(Board and National Research Council, 2004, p. 52).

Il faut alors une réflexion sérieuse sur l'approche de la gestion adaptative afin de l'appliquer aux nombreux défis de conservation et de gestion auxquels font face actuellement les gestionnaires des ressources naturelles du monde entier (Nichols *et al.*, 2007). Le pessimisme excessif exprimé face à l'application de la gestion adaptative réside le plus souvent dans la confusion entre les problèmes généraux de la gestion et les problèmes inhérents à la gestion adaptative en tant qu'approche de gestion des ressources naturelles (Rist *et al.*, 2013). C'est pourquoi il est important de préciser clairement les conditions qui doivent prévaloir à l'application de cette approche qu'est la gestion adaptative. Pour cela, la question que l'on se pose est de savoir dans quel contexte faut-il appliquer la gestion adaptative.

Pour décider de l'application de la GA, un certain nombre de conditions préalables est nécessaire. En ce sens, Rist et ses collaborateurs (2013) présentent un cadre autour de trois

étapes (figure 10) pour décider quand la gestion adaptative est appropriée, faisable et par la suite réussie :

1) *La pertinence de la gestion adaptative* : pour que la gestion adaptative soit appropriée, il faut que l'incertitude écologique soit un frein pour la gestion et qu'il soit possible de réduire cette incertitude par l'expérience. L'incertitude écologique fait allusion au caractère incontrôlable de la nature, à l'imprévisibilité de ses effets et au dynamisme des conditions environnementales (Busquet, 2006). Elle est appelée « incertitude épistémique » par Walker *et al.* (2003) et « connaissance incomplète » par Brugnach *et al.* (2008). Un manque de données, un manque de fiabilité de ces données, l'incompréhension théorique ou tout simplement une ignorance générale peuvent être source d'incertitude écologique (Rist *et al.*, 2013). Parmi les sources d'incertitude, la variation environnementale (par exemple la variabilité du climat) est souvent la source la plus fréquente d'incertitude et est largement incontrôlable (Williams, 2011a);

2) *La faisabilité de la gestion adaptative* : avant d'appliquer la gestion adaptative, il faut s'assurer de sa faisabilité, notamment, en tenant compte de la disponibilité des ressources (soutien logistique, l'expertise, les finances, etc.) et de la complexité de l'environnement social, politique et institutionnel plus large dans lequel la gestion est réalisée ;

3) *La réussite de la gestion adaptative* : après les deux phases précédentes, il serait possible d'évaluer la réussite de la gestion adaptative. En effet, s'assurer que l'application de la gestion adaptative est appropriée et faisable est nécessaire pour faire la distinction entre les limites de la gestion adaptative en tant que méthode et les défaillances de la mise en œuvre comme les obstacles politiques et institutionnels, les conflits entre parties prenantes, etc. Ces aspects, qui sont de nature à entraver la prise de décision, ne sont pas spécifiques à la gestion adaptative. La gestion adaptative doit être évaluée sur la base de sa capacité propre à atteindre un objectif précis, celui de la réduction de l'incertitude écologique.

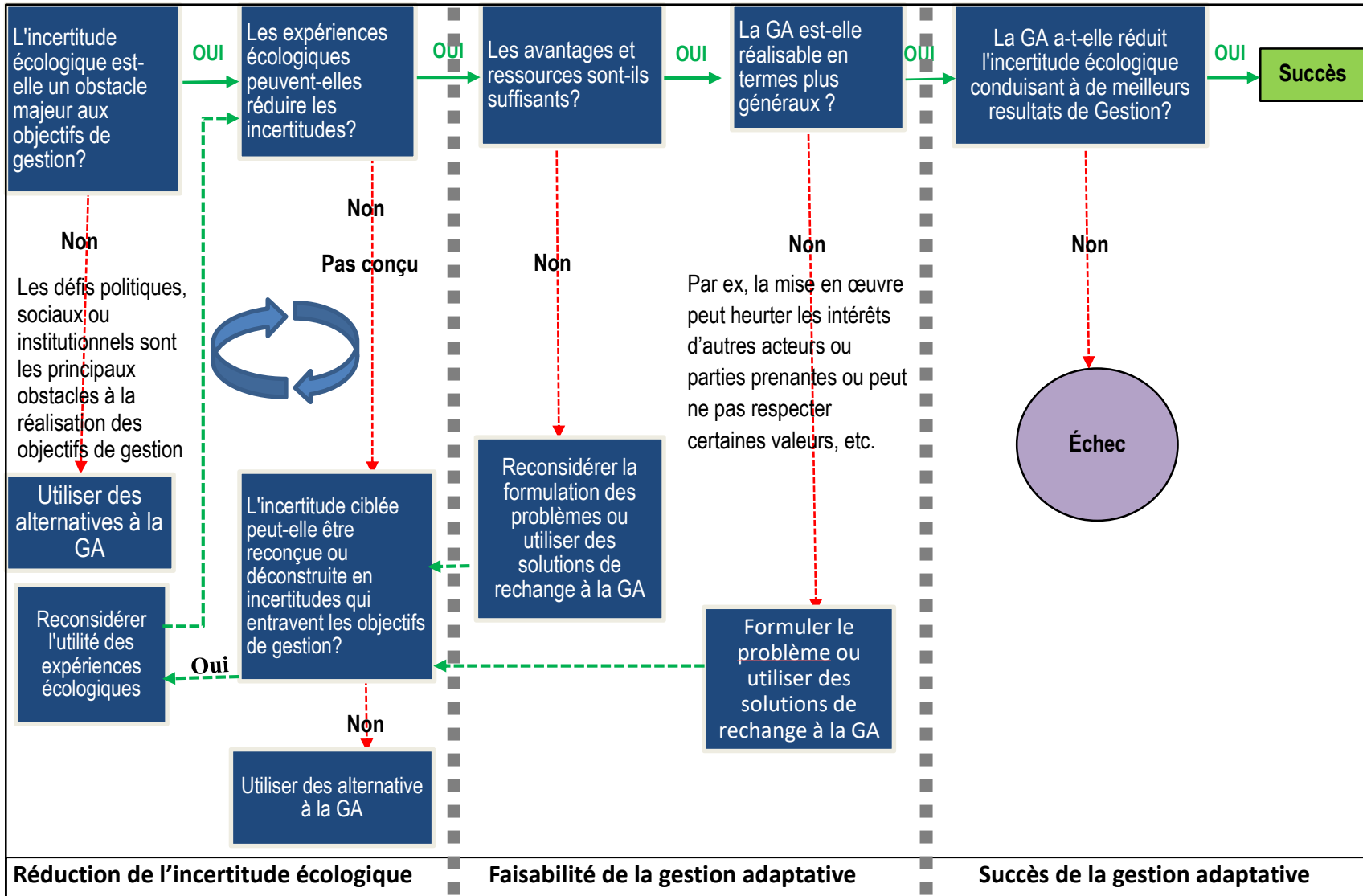


Figure 10. Arbre de décision pour évaluer l'application de la gestion adaptative (source : Rist *et al.*, 2013).

3.2. Le savoir écologique traditionnel

Depuis les années 1980, l'importance des connaissances traditionnelles a été reconnue et discutée dans les grandes rencontres internationales comme le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro, en 1992 (Lesage, 2012). La Convention sur la diversité biologique, qui a été adoptée lors de ce sommet, stipule dans son article 8 que chaque partie signataire doit « respecter, préserver et maintenir les connaissances, innovations et pratiques des communautés autochtones et locales qui incarnent des modes de vie traditionnels présentant un intérêt pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et en favorise l'application sur une plus grande échelle » (Nations Unies, 1992, p. 7). Pour sa part, le GIEC indique, dans son analyse des principes d'une adaptation efficace présentée dans le résumé à l'intention des décideurs du rapport changements climatiques 2014 (Rapport de synthèse), que :

Les systèmes et pratiques du savoir autochtone, local et traditionnel, y compris la vision holistique qu'ont les populations autochtones de leurs collectivités et de leur environnement, constituent des ressources de première importance pour l'adaptation au changement climatique qui n'ont cependant pas été prises en compte d'une manière cohérente dans les stratégies d'adaptation existantes. L'intégration de ces formes de savoir aux pratiques existantes augmente l'efficacité des mesures d'adaptation (p. 26).

Le GIEC reconnaît ainsi l'importance du savoir traditionnel et cette reconnaissance trouve son écho dans la littérature scientifique. En effet, dans le cadre de la lutte contre les changements climatiques, certains auteurs insistent sur la nécessité d'intégrer les stratégies autochtones d'atténuation et d'adaptation dans les stratégies formelles d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques (Nyong *et al.*, 2007; Gyampoh *et al.*, 2009). Selon Nyong (2007), le Sahel est une région frappée par des sécheresses sévères et fréquentes depuis des siècles, mais où les populations locales, s'appuyant sur leurs connaissances autochtones, ont su développer et mettre en œuvre des stratégies d'adaptation pour réduire leur vulnérabilité à la variabilité et aux changements climatiques passés. Dans le domaine des ressources naturelles, Lesage (2012) soutient que les connaissances traditionnelles, qui sont basées sur l'observation attentive de la nature,

peuvent se mesurer aux connaissances scientifiques, qui s'appuient souvent sur des modèles théoriques. Hunn (1993) pense que les systèmes de connaissances écologiques traditionnels donnent un bel aperçu des relations êtres humains-environnement, que la science moderne ne fournit pas, et peut-être ne peut pas fournir. Qu'est-ce donc le savoir traditionnel et quelles en sont ses composantes ?

3.2.1. Tentative de définition du savoir traditionnel

Définir le savoir traditionnel n'est pas chose aisée en raison de la complexité de sa structure, de son contenu, et de son contexte culturel (DCI, 1995). Néanmoins, nous proposons la définition de Gyampoh et ses collaborateurs (2009) qui désignent le savoir traditionnel comme « la sagesse, les connaissances et les pratiques des populations autochtones acquises par l'expérience et transmises oralement de génération en génération » (p. 70). L'observation et la transmission orale constituent ainsi ses fondements (Lesage, 2012).

Dans le domaine de la gestion des ressources environnementales, plusieurs termes ont été utilisés pour décrire les connaissances traditionnelles des autochtones (Stevenson, 2005). Il s'agit des termes comme connaissances écologiques traditionnelles, connaissances environnementales traditionnelles, connaissances autochtones, et science autochtone. Ici, nous utiliserons plutôt le terme connaissance ou savoir écologique traditionnel. Le savoir écologique traditionnel inclut la somme des idées et des conceptions d'un groupe humain sur le milieu naturel, c'est-à-dire son système de représentation et la façon dont il utilise les ressources (Busquet, 2006). Spécifiquement, il fait allusion à tous les types de connaissances portant sur l'environnement et provenant de l'expérience et des traditions d'un groupe de personnes (Usher, 2000, p. 185).

Dans le contexte de la présente étude, le savoir écologique traditionnel des riverains du lac Wégna nous a permis de comprendre, en absence de toute donnée scientifique, les modifications biophysiques et hydrologiques subies par ce lac. Il nous a aussi aidés à évaluer les actions potentielles à mener pour réhabiliter cette zone humide. Bref, nous nous sommes appuyés sur ce savoir incarné par les communautés locales pour toutes les étapes

du cycle de la gestion adaptative du lac Wégna. Cependant, le savoir écologique traditionnel, tel que nous l'avons compris, semble complexe et englobe à la fois des aspects concrets et abstraits. Par exemple, selon un vieux du village de Wégna « l'état actuel de dégradation du lac est la conséquence d'un manque d'offrandes et de sacrifices aux esprits protecteurs de ce lac et aux ancêtres » ; par contre d'autres lient ce phénomène de dégradation à la déforestation et à la mise en culture des zones proches du lac. Dans ce cas, il importe de connaître les spécificités de ce type de savoir afin de l'utiliser efficacement.

3.2.2. Les composantes du savoir traditionnel

En analysant les savoirs écologiques traditionnels, on s'aperçoit, dans la majorité des cas, qu'ils renferment trois composantes (Berkes *et al.*, 2000): une composante épistémique, fondée sur les observations locales des phénomènes environnementaux ; une composante pratique, relative à l'utilisation que font les populations des ressources ; et une composante s'articulant autour des croyances et des convictions qui animent les gens par rapport aux écosystèmes. Les connaissances écologiques traditionnelles forment donc un ensemble cumulatif de connaissances, de pratique et de croyance (Berkes, 1999). Elles sont aussi dynamiques, s'inspirant de l'expérience des générations passées tout en s'adaptant aux conditions techniques et socioéconomiques du monde d'aujourd'hui (DCI, 1995).

Si d'aucuns accordent assez d'importance aux connaissances traditionnelles au point de les comparer aux connaissances scientifiques, l'enjeu consisterait à développer un système qui offre à toutes les deux la capacité d'agir l'une sur l'autre en se complétant (Lesage, 2012). C'est dans cette optique que la gestion adaptative, telle que nous l'appréhendons dans cette étude, trouve tout son sens, en termes d'approche conceptuelle et d'échelle spatiale. Notre zone d'étude, milieu rural correspondant à ce que Beaud et Weber (2010) appellent un milieu « d'interconnaissance », nous semble appropriée pour réaliser cette complémentarité entre le savoir traditionnel et la science.

Chapitre 4. Les enjeux de la gestion des zones humides

Les zones humides fournissent une diversité de services essentiels au bien-être humain et à la réduction de la pauvreté (MA, 2005). En Afrique, elles procurent aux populations d'énormes services écosystémiques, comme la nourriture, l'eau douce, les pâturages, les médicaments, le transport, l'énergie, les matériaux de construction, etc. (Rebelo *et al.*, 2010, Kabii, 1996). Cependant, les zones humides africaines sont soumises à de multiples pressions à la fois humaines (Kabii, 1996) et naturelles (Rebelo *et al.*, 2010; Mitchell, 2013; Erwin, 2009). Sans mesure de conservation appropriée, ces pressions continueront d'augmenter à mesure que la population africaine croît, et que les effets des changements climatiques se manifestent plus sévèrement (Kabii, 1996 ; Erwin, 2009).

Dans un tel contexte, la question qu'on peut se poser est de savoir quelle approche de gestion il faut préconiser pour assurer la durabilité de ces écosystèmes vitaux. Ce questionnement sera essentiellement abordé dans ce chapitre, qui s'organise autour de trois points : nous présentons d'abord les zones humaines africaines et maliennes ; ensuite, nous examinons les menaces auxquelles elles sont soumises ; enfin nous démontrons en quoi l'approche que nous privilégions (la gestion adaptative) nous semble pertinente pour leur gestion durable. Pour ce faire, après avoir défini les zones humides, nous en dégageons une typologie ; puis nous étudions les services écosystémiques qu'elles offrent aux êtres humains. Par la suite, nous étudions, sous différents aspects, les zones humides de l'Afrique, de façon générale, et celles du Mali de façon spécifique. À la fin, nous analysons les approches de gestion des zones humides.

4.1. Définition et typologie des zones humides

4.1.1. Définition

Le terme "zone humide (ZH)" a été développé dans la perspective de gérer ces zones particulières pour lesquelles plusieurs définitions apparaissent dans la littérature (Schuijt et Fischer, 2002). Ces définitions varient en fonction des domaines d'expertise et de l'intérêt (Tiner, 2017). Par exemple, un hydrologue, dans sa définition, pourrait mettre l'accent sur les oscillations de la nappe phréatique, et sur la fréquence et la temporalité des inondations ; un botaniste privilégierait l'aspect végétation ; un zoologiste, s'intéressant aux poissons et à la faune, pourrait prendre en compte les caractéristiques des zones de frai et de pisciculture, et celles de la faune vivant des zones humides, etc. Mais, dans cette étude, nous retenons la définition plus large de la convention de Ramsar (Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux aquatiques) :

« ...étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ».

(Ramsar Convention Secretariat, 2013, p. 7)

Il s'agit d'une gamme variée de zones humides, une diversité de paysages, d'écosystèmes, dont la caractéristique fondamentale commune est d'être fortement influencés par l'eau (Wood, 2013).

4.1.2. Typologie

La définition ci-haut donnée par la convention de Ramsar montre que les zones humides embrassent un large éventail d'écosystèmes qui font transition entre le milieu terrestre et le milieu aquatique (Skinner *et al.*, 1994). Cette hétérogénéité des zones humides, qui rend leur étude complexe, a été atténuée grâce à une classification axée sur la détermination d'un certain nombre de critères. Les critères les plus couramment utilisés sont ceux basés sur les caractéristiques des zones humides (Gebreslassie *et al.*, 2014). Par

exemple, l'origine de la zone humide (naturelle ou artificielle), la saisonnalité des eaux (temporaire ou permanente), la végétation existante (arbres, arbustes, roseaux, herbes ou mousses), la salinité (eau salée, eau douce), le pH (neutre, acide), le sol (minéral ou organique) ou encore l'hydrologie (précipitation, eaux souterraines, écoulement de surface, comme source d'alimentation). Grâce à des critères spécifiques, le bureau Ramsar a fait une classification des zones humides en 42 types, qui par la suite, ont été regroupés en 5 grandes catégories (Davis, 1994, cité par Wood, 2013). Il s'agit de :

- Les marines: elles renferment les zones humides côtières comprenant des lagunes côtières, des berges rocheuses et des récifs coralliens;
- Les estuariennes: elles portent sur les deltas, les marais cotidaux et des marécages à mangroves;
- Les lacustres: ce sont des zones humides associées à des lacs;
- Les riveraines: elles concernent les zones humides qui bordent les rivières et les cours d'eau; et
- Les palustres ou les marécageuses: elles désignent les marais, marécages et tourbières.

En considérant cette catégorisation, le lac Wégna, objet de la présente étude, appartient aux zones humides lacustres. Soulignons l'existence d'autres classifications des types de zones humides à l'image de celles du Tableau 1 élaborées par Skinner et ses collaborateurs (1994). Ces auteurs font une classification écologique en regroupant les zones humides en zones humides marines et côtières, et en zones humides continentales. Au regard de cette dernière classification, nous pouvons dire que le lac Wégna fait partie des zones humides continentales et représente un lac d'eau douce permanent.

Malgré l'énorme variété des zones humides, elles fournissent toutes un certain nombre de services écosystémiques (Schuijt et Fischer, 2002).

Tableau 1. Classification simplifiée des zones humides

Marines et côtières	<ul style="list-style-type: none"> - subtidal : eaux marines peu profondes permanentes (< 6 m à marée basse) - intertidal : vasières, marais salants, mangroves, lagunes saumâtres à salées
Continental	<ul style="list-style-type: none"> - rivières et cours d'eau permanents - rivières et cours d'eau saisonniers et irréguliers - plaines inondables - lacs d'eau douce permanents et saisonniers - forêts marécageuses d'eau douce

Source : Skinner *et al.* (1994)

4.2. Les services écosystémiques des zones humides

Faisant partie des milieux les plus productifs du monde, les zones humides procurent aux populations des services écosystémiques multiples et variés (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2006). Les services écosystémiques sont des biens naturels produits par l'environnement, que l'être humain utilise pour son bien-être social et culturel (Maltby et Acreman, 2011). La nourriture (notamment le poisson), l'eau douce, les ressources énergétiques, floristiques et fauniques sont autant de services que les zones humides fournissent à l'humanité (Tableau 2). Elles incarnent des valeurs esthétiques, éducatives, culturelles et spirituelles non négligeables et offrent d'inestimables opportunités pour les loisirs et le tourisme (MA, 2005 ; Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2006). Elles assurent le maintien de la biodiversité en supportant, par exemple, de grands regroupements d'oiseaux (migrateurs et résidents) et de mammifères (Mitchell, 2013). Aussi, elles jouent un rôle dans le cycle hydrologique en agissant comme « une éponge », absorbant l'eau pendant les périodes humides tout en réduisant les risques d'inondation et la libérant pendant la saison sèche. De même, elles participent à l'alimentation et à la reconstitution des réserves d'eaux souterraines (Silvius *et al.*, 2000 ; Maltby et Acreman, 2011).

En Afrique, grâce aux grandes plaines inondables et marécageuses associées aux grands lacs, les populations locales pratiquent la pêche et la cueillette des plantes aquatiques. Ces activités constituent des sources de subsistance et de revenus importants pour elles (MA, 2005; Wood, 2013; Kabii, 1996). D'ailleurs, Ogutu-Ohwayo et Balirwa (2006) pensent que les lacs africains contribuent de manière significative à la réduction de la pauvreté et à la sécurité alimentaire, car ils sont source de protéines et d'eau potable, et génèrent des revenus grâce à la pêche, au tourisme, au transport, à l'élevage, etc. L'exemple du delta intérieur du fleuve Niger (DIN) au Mali pourrait en être une illustration. Le DIN, l'une des plus vastes zones humides d'Afrique (De Noray, 2003), soutient plus d'un million de bovins et deux millions d'ovins et de caprins (W. Adams, 1993). En plus de 100 000 hectares de riz entretenus annuellement (Kuper *et al.*, 2002), il supporte 80 000 pêcheurs (Adams, 1993) pour une production halieutique comprise entre 40 000 et 120 000 tonnes de poisson par an (Marie *et al.*, 2007).

Enfin, même si leur rôle est contrasté dans la régulation du climat mondial (les zones humides contribuant pour 20 à 25% (Mitsch *et al.*, 2013) aux émissions totales de méthane dans l'atmosphère; les tourbières étant des sources potentielles de CO₂), les zones humides sont des réservoirs importants (puits) de séquestration du carbone (MA, 2005; Junk *et al.*, 2013 ; Gebreslassie *et al.*, 2014). Toutefois, le carbone organique stocké dans les zones humides pourrait être libéré en cas de perte ou d'une gestion inadéquate des zones humides ou lorsque le climat deviendrait plus chaud et plus sec (Junk *et al.*, 2013).

Pour maintenir ces services écosystémiques, il convient de conserver les zones humides et les utiliser rationnellement. C'est dans cet esprit qu'a été signée la convention sur les zones humides d'importance internationale, connue sous le nom de convention de Ramsar (Finlayson *et al.*, 2011).

Tableau 2. Services écosystémiques fournis ou dérivés des zones humides

Services	Commentaires et exemples
Approvisionnement	
Aliments	production de poisson, de gibier, de fruits, de céréales, etc.
Eau douce	Stockage et rétention d'eau à usage domestique, industriel et agricole
Fibre et combustible	Production de bois d'œuvre, de bois de feu, tourbe, fourrage,
Produits biochimiques	Extraction biochimique de médicaments et autres matériaux à partir de biote
Matériel génétique	Gènes de résistance aux agents pathogènes des plantes, espèces ornementales, etc.
Régulation	
Régulation du climat	Source et puits de gaz à effet de serre ; influence la température locale et régionale, les précipitations et d'autres processus climatiques.
Régulation de l'eau (flux hydrologiques)	Recharge / décharge des eaux souterraines
Purification de l'eau et traitement des déchets	Rétention et élimination de l'excès de nutriments et d'autres polluants
Régulation de l'érosion	Rétention des sols et des sédiments ; prévention des changements structurels (tels que l'érosion côtière, l'affaissement des berges, etc.)
Régulation des risques naturels	Contrôle des inondations, protection contre les tempêtes
Culture	
Spiritualité	Valeurs spirituelles et religieuses, source d'inspiration, bien-être
Loisirs/recréation	Opportunités touristiques et activités récréatives
Esthétique	Contemplation des caractéristiques naturelles
Éducation	Possibilités d'éducation, de formation et de recherche
Stabilisation	
Biodiversité	Habitats d'espèces résidentes ou transitoires
Formation du sol	Rétention des sédiments et accumulation de matières organiques
Cycle des nutriments	Stockage, recyclage, traitement et acquisition de nutriments

Source : MA (2005).

4.3. La convention de Ramsar

La Convention de Ramsar (officiellement dénommée convention sur les zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau) a été signée le 2 février 1971 à Ramsar, en Iran (Castro *et al.*, 2002). Entrée en vigueur en 1975, elle est reconnue comme le premier traité intergouvernemental moderne d'envergure mondiale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et des ressources associées (Finlayson *et al.*, 2011). En date de juin 2019, 170 pays sont Parties contractantes à la convention de Ramsar, avec 2 300 sites de zones humides inscrits sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale. Ces sites couvrent 2,1 millions de km² (Ramsar Convention Secretariat, 2019).

En adhérant à la convention, les Parties contractantes s'engagent à satisfaire quatre obligations (Castro *et al.*, 2002, p. 2) : (1) désigner au moins une zone humide qui sera inscrite sur la liste des zones humides d'importance internationale, la « liste Ramsar », et promouvoir sa conservation et son utilisation rationnelle; (2) élaborer et appliquer un plan d'aménagement afin d'assurer, autant que possible, l'utilisation judicieuse de leurs zones humides; (3) établir des réserves naturelles dans les zones humides, inscrites ou non sur la Liste Ramsar, et développer la formation dans les domaines de la recherche, de la gestion et de la surveillance des zones humides ; et (4) coopérer avec les autres Parties contractantes pour des questions d'intérêt commun comme la gestion les zones humides transfrontalières, les systèmes aquatiques partagés et les espèces partagées.

Pour être inscrite sur la Liste de Ramsar, une zone humide doit répondre à certains critères spécifiques qui lui font valoir le statut de « zone humide d'importance internationale ». Ces critères sont basés sur des considérations écologiques, botaniques, zoologiques, limnologiques ou hydrologiques, et surtout la capacité de la zone humide à accueillir les oiseaux aquatiques (Ramsar Convention Secretariat, 2019).

Après ce survol général des zones humides, nous revenons à celles de l'Afrique et du Mali dans les sections suivantes de façon spécifique et approfondie.

4.4. Les zones humides africaines

4.4.1. Distribution sur le continent

De manière générale, les zones humides sont largement dispersées sur l'ensemble du continent (Figure 11), et sont présentes dans la plupart des pays africains. Mais, les plus fortes concentrations de zones humides se situent entre 15° N et 20° S (UNEP, 2006; Kabii, 1996). En raison de leur nombre élevé, seules les principales zones humides africaines sont présentées ici sur inspiration de Schuijt et Fischer (2002), Kabii (1996), et UNEP (2006):

- En Afrique de l'Est se trouvent les lacs de la vallée du Rift : Victoria, Tanganyika, Malawi (ou Nyassa), Turkana, Mweru, Kivu, Edward et Albert. Les trois premiers ont des dimensions impressionnantes tant par leur superficie, leur profondeur, que par leur volume d'eau. Par exemple, le lac Tanganyika a une superficie de 32 900 km², une profondeur maximale de 1470 m et un volume de 18 900 km³. À ces lacs, s'ajoute la vaste étendue marécageuse du Sudd au sud du Soudan et en Éthiopie;

- En Afrique occidentale et centrale, nous avons le Delta intérieur du Niger au Mali avec ses innombrables lacs et ses plaines d'inondation ; les deltas des fleuves Congo et Niger ; le bassin du lac Tchad. De plus, nous avons les bassins/lagunes côtiers et les marais tels que les lagunes Ebrié et Tadio en Côte d'Ivoire, le Banc d'Arguin en Mauritanie;

- En Afrique australe se situent les deltas de l'Okavango au Botswana et du Zambèze au Mozambique, la plaine d'inondation du fleuve Limpopo, le lac de Sainte Lucie et de son estuaire en Afrique du Sud;

- Au nord-ouest s'étalent les lagunes de Oualidia et de Sidi Moussa au Maroc (Daghor *et al.*, 2015) ;

- Le long du littoral africain se situent des mangroves. Ce sont principalement les forêts de mangroves de l'Afrique orientale s'étendant de la Somalie au Mozambique, ainsi que le long du littoral ouest-africain.

Bien qu'elles soient assez répandues sur le continent, les zones humides africaines sont majoritairement incluses dans les quatre principaux bassins que sont les bassins du lac Tchad, du fleuve Congo, du fleuve Niger, et du Nil (Figure 11), regroupant environ 65% des ressources en zones humides de l'Afrique subsaharienne (Rebelo *et al.*, 2010). Quant à leur superficie, elle varie suivant les sources, mais selon une estimation extraite de la base de données mondiale sur les lacs et les zones humides, elle est de 1 310 000 km² pour l'ensemble du continent (Lehner et Döll, 2004), soit l'équivalent de la superficie du Mali (1 246 223 km² d'après Hertrich et Keïta, 2003).

Ces zones humides, mainte fois utiles aux populations africaines en raison des moyens de subsistance essentiels et des services écosystémiques fondamentaux qu'elles leur procurent (Schuijt et Fischer, 2002; Wood, 2013), se trouvent de nos jours fortement menacées (Mitchell, 2013; Dixon et Wood, 2003).

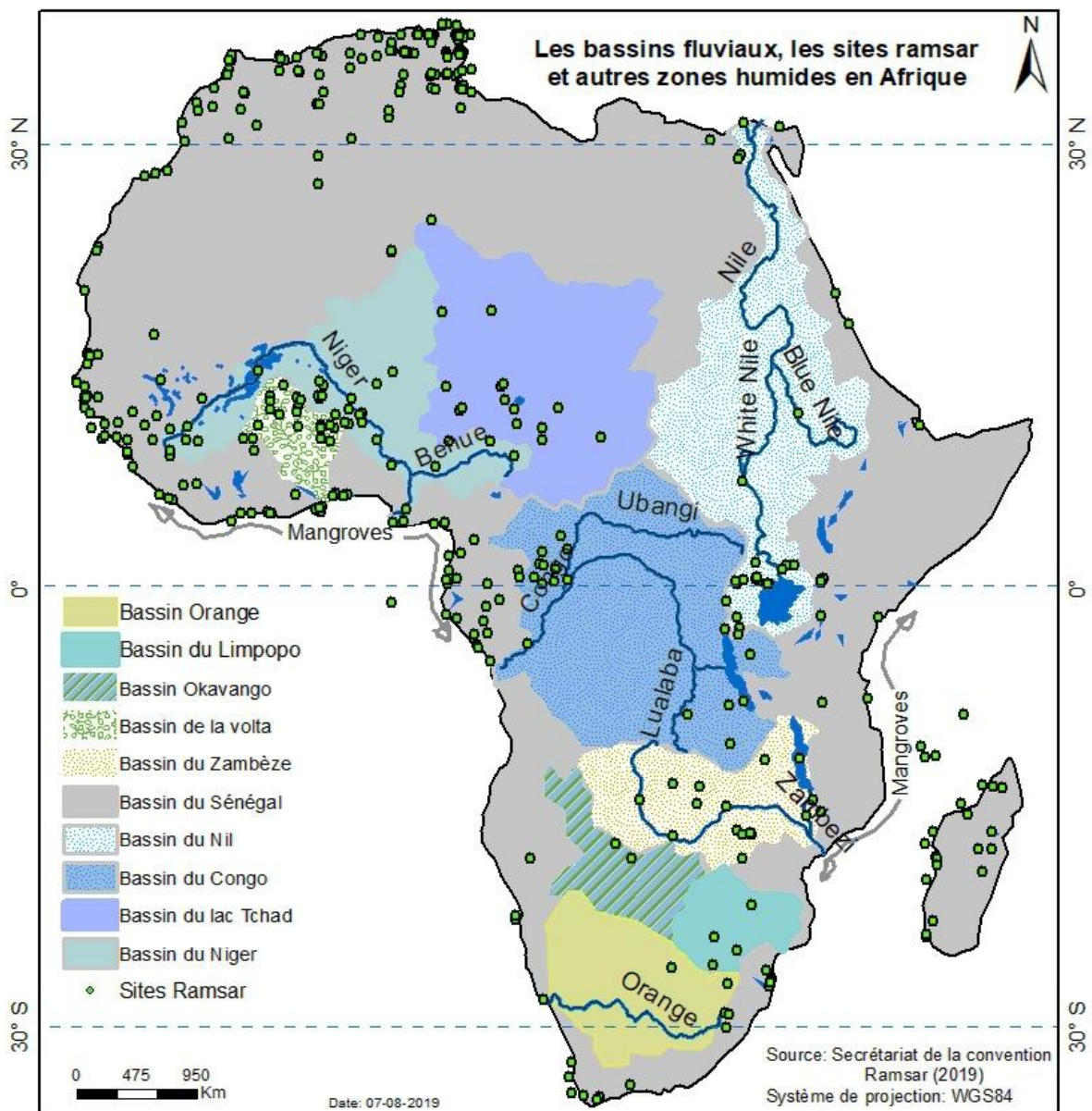


Figure 11. Les bassins fluviaux, les sites Ramsar, et les principales zones humides en Afrique (source : Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2019).

4.4.2. Les pressions subies par les zones humides africaines

Les zones humides jouent un rôle essentiel dans les moyens de subsistance des populations africaines depuis des millénaires. Elles sont source de nourriture et d'eau pour les personnes, dont certaines vivent dans les milieux secs et semi-arides (Wood, 2013).

Toutefois, l'exploitation excessive des ressources, la pollution, les modifications de l'hydrologie, la mise en valeur des terres sont autant de formes de pression qui menacent dangereusement les zones humides sur tous les continents (Junk *et al.*, 2013). En plus des activités humaines qui se déroulent dans et autour des zones humides, s'ajoutent les effets des changements climatiques (Mitchell, 2013). De ce fait, les zones humides sont soumises à un ensemble complexe de pressions. Selon Dugan et Dugan (1990), 65% des perturbations des zones humides sont d'origine humaine, le reste étant d'origine naturelle. Ici, nous tenterons de discerner les facteurs de perturbation des zones humides qui relèvent de la responsabilité de l'humain de ceux qui sont de l'ordre naturel.

4.4.2.1. Les menaces d'origine humaine

L'utilisation des zones humides, notamment pour l'agriculture, s'est intensifiée ces dernières années en Afrique (Dixon et Wood, 2003). Les raisons en sont multiples (Wood, 2013): la croissance de la population rurale avec comme corollaire la pénurie de terres agricoles; la dégradation des terres hautes ou pluviales; une réduction de la quantité et de la fiabilité des récoltes pluviales; l'immense besoin de gagner de l'argent ; et la disponibilité des moyens technologiques pour exploiter ces milieux. Aussi, la construction des barrages de retenue, des digues, et la mise en place des systèmes d'irrigation mal conçus, etc., affectent gravement les zones humides et modifient considérablement leur fonctionnement normal (Schuijt et Fischer, 2002). Le surpâturage et le pompage excessif de la nappe phréatique ont été également soulignés par certains auteurs comme faisant partie des menaces pour les zones humides (Bouldjedri *et al.*, 2011). En plus des pratiques agricoles, les activités minières et le développement des villes contribuent à la perte de certaines zones humides. Par exemple, ces facteurs sont responsables de la perte de plus de la moitié des zones humides en Afrique du Sud (Cowan, 1995).

Ces différentes pressions, auxquelles les zones humides africaines font l'objet, devraient prendre de l'envergure au fur et à mesure que la population augmente, à moins que des actions visant leur conservation soient mises en œuvre (Kabii, 1996).

Parmi toutes les menaces ci-dessus citées qui pèsent sur les zones humides, il y en a trois qui nous semblent importantes et sur lesquelles nous nous attardons pour donner un peu plus de détails. Il s'agit de l'essor démographique et ses répercussions sur les zones humides, les impacts des grandes infrastructures hydrauliques (barrages) et des activités minières et industrielles sur les zones humides.

La croissance démographique rapide en cours dans beaucoup de pays africains (avec un taux d'accroissement annuel de 2,5 % selon UNFPA, 2016) constitue l'une des menaces les plus importantes pour les zones humides, car cette croissance induit une pression sur les ressources des zones humides (Dixon et Wood, 2003; Kolberg *et al.*, 1997; Zare, 2015; Bergkamp et Orlando, 1999). Par exemple, de 1960 à 2010, la population du sahel a été multipliée par 3,6 et les superficies cultivées par 2,5 au détriment des aires protégées (Touré *et al.*, 2012). Pour l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, la population a presque été multipliée par quatre, passant de 87 à 320 millions entre 1961 et 2012 (Ozer et Perrin, 2014). En fait, l'augmentation de la population entraîne des pénuries de terres dans les zones traditionnellement cultivées et pousse les personnes à se rendre dans des zones marginales et dans les zones humides à la recherche de terres agricoles (Dixon et Wood, 2003).

Par ailleurs, depuis les indépendances, les gouvernements et les sociétés commerciales ont transformé les zones humides pour développer la production agricole dans de nombreux pays africains. Ils y voyaient en cela un moyen d'assurer la sécurité alimentaire, d'exporter des produits agricoles et de développer des entreprises rentables (Wood *et al.*, 2001). Et, cela malgré l'existence d'autres politiques gouvernementales qui prônaient la conservation des zones humides (Wood, 2013). En conséquence, on a développé une utilisation plus intensive de ces zones au détriment des utilisations moins intensives basées sur les connaissances locales et les principes de durabilité (Wood *et al.*, 2001). De nos jours encore et en dépit des critiques sur la conversion des zones humides en terres agricoles, fustigeant les avantages éphémères qui ne compensent pas la perte des

services écosystémiques (Dugan, 1997), cette pratique continue et est utilisée par de nombreux agriculteurs dans toute l'Afrique (Wood, 2013).

En outre, un nombre important de barrages ont été construits pour des besoins agricoles (irrigation), la production d'énergie hydroélectrique (l'hydroélectricité représente plus de 80% de l'électricité produite dans 18 pays et plus de 50% dans 25 pays), l'approvisionnement en eau potable, et le contrôle des crues. Cependant, la mise en place de telles infrastructures contribue à perturber le débit des cours d'eau et les conditions écologiques dans les zones inondables (Junk *et al.*, 2013). Selon Zare (2015), les perturbations des débits des cours d'eau liées à l'érection des barrages et aux changements climatiques entraînent de grandes modifications hydrologiques: diminution des sédiments ; régression des pointes de crue; réduction de la fréquence, de l'extension, et de la durée de l'inondation des plaines inondables. Aussi, la construction de ces ouvrages a des répercussions négatives sur la structure et les fonctions des zones humides en aval, y compris sur la biodiversité (Odada *et al.*, 2006). Par exemple, la pêche dans la vallée du Logone, qui se jette dans le lac Tchad, a été réduite de 90%, car la construction de barrages pour l'irrigation a stoppé l'inondation de cette zone humide.

Pour ce qui concerne les activités minières et industrielles, si elles ne sont pas contrôlées, elles peuvent contribuer à polluer les ressources en eau (Mitchell, 2013). La détérioration de la qualité de l'eau à cause des effluents industriels, miniers et des pesticides agricoles conduisent très souvent à l'eutrophisation, qui est la productivité primaire excessive dans des cours d'eau et qui provoque la pollution de ceux-ci par la désoxygénation. Elle entraîne la diminution de la transparence de l'eau et peut causer la mortalité massive d'espèces animales aquatiques par asphyxie et par la production de toxines par les cyanobactéries (Lévêque et Paugy, 2006).

Ce grand intérêt pour les zones humides et leurs bassins versants réside dans la présence de l'eau et l'existence des sols riches dans ces zones pendant toute l'année ou une partie de l'année (Zare, 2015 ; Dixon et Wood, 2003). Or, la présence de l'humain et de ses activités dans et autour des zones humides, si elle n'est pas bien gérée, peut porter

préjudice à ces écosystèmes. Selon le Programme des Nations Unies pour l'environnement, « la santé d'un lac est intrinsèquement liée à son bassin hydrographique et aux changements apportés au paysage » (UNEP, 2006, p. 7). À cet effet, les flux d'eau de ruissellement, que les zones humides reçoivent, dépendent de la nature du sol et de la végétation qui existent sur leurs bassins versants. Par conséquent, la destruction des éléments biophysiques (sol, végétation) dans un bassin versant peut conduire à une exacerbation de l'érosion des sols, à la turbidité des eaux et un changement du régime hydrologique (crues soudaines et brutales) (Lévêque et Paugy, 2006). La finalité de ce processus est l'augmentation des matières en suspension dans les eaux, et le dépôt de la boue dans les lacs et rivières, avec des conséquences néfastes sur la vie aquatique (Bruton, 1985).

D'une manière générale, la forte croissance de la population entraîne une surexploitation des ressources naturelles au détriment de leur conservation (Ogutu-Othwayo et Balirwa, 2006; Zare, 2015) (Figure 12). La surpêche et la déforestation, qui sont des cas de surexploitation courants en Afrique, sont liées, non seulement, à la croissance élevée de la population et à la quête de la sécurité alimentaire, mais surtout à l'inefficacité des systèmes de gouvernance des ressources (Mitchell, 2013). Cet auteur pense que le régime foncier traditionnel africain s'est effrité sans toutefois être remplacé par une alternative fiable. Dans certains cas, on a assisté à un libre accès aux ressources, mais dans d'autres, on assiste à une coexistence entre les lois nationales et les règles de tenure traditionnelles. En conséquence, il s'est établi une gestion corrompue et non durable des ressources. Il conclut qu'en l'absence de systèmes de gouvernance efficaces, les zones humides continueront d'être dégradées.

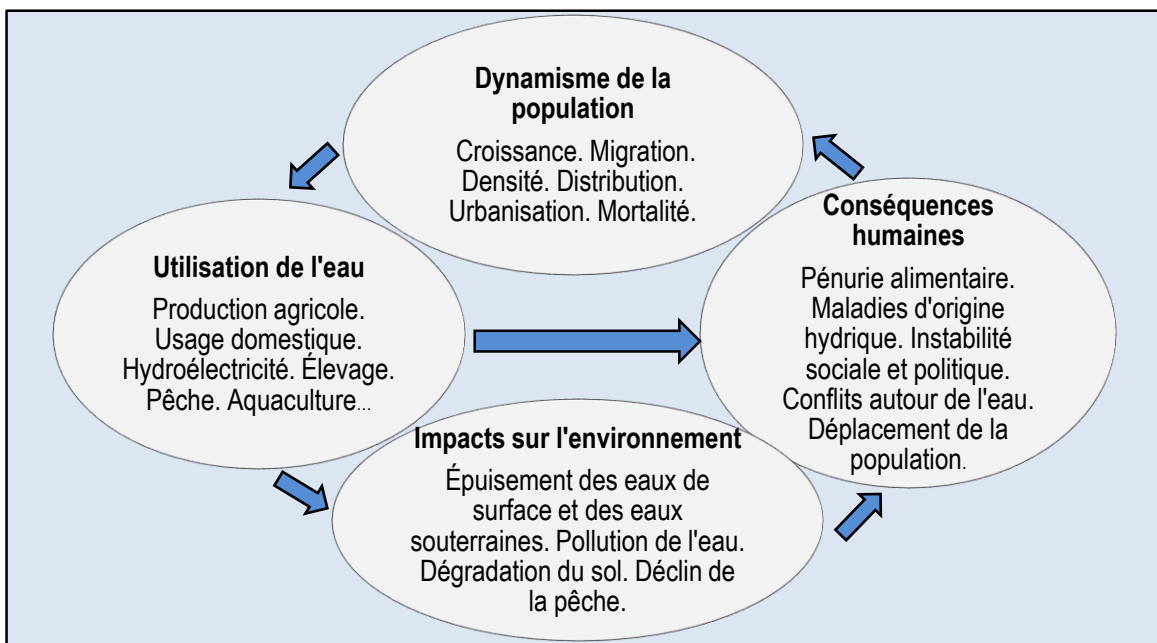


Figure 12. Zones humides et dynamique des populations (source : inspiré de UNEP, 2006).

4.4.2.2. Les menaces d'origine naturelle/humaine

Les zones humides subissent les impacts de certains phénomènes naturels comme l'ensablement dû aux déplacements de sable par le vent comme c'est le cas de certains lacs et mares des régions septentrionales du Mali (Dicko *et al.*, 2007). Mais ici, nous nous intéressons particulièrement au phénomène des changements climatiques, qui sont liés à la fois aux facteurs naturels et aux activités humaines (United nations, 1992), et qui semblent être l'une des menaces les plus importantes qui affectent les zones humides. La vulnérabilité des zones humides de l'Afrique subsaharienne s'est révélée avec les sécheresses des décennies 1970 et 1980 au cours desquelles les débits des grands fleuves ouest-africains ont été significativement réduits, de même que la superficie des lacs (Niasse *et al.*, 2004). Le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2009) a mis l'accent sur la particularité de la vulnérabilité des habitats aquatiques d'eau douce et les marécages, les mangroves, les récifs coralliens, aux conséquences des changements climatiques. D'autres auteurs, comme Ostrovskaya et ses collaborateurs (2013), soulignent la vulnérabilité des zones humides face aux changements climatiques. Le GIEC (2014) prévoit qu'au cours du XXI^e siècle, il y aura un appauvrissement des ressources en eaux de surface

et souterraine dans la plupart des régions subtropicales arides sous l'effet des changements climatiques. Bref, les zones humides étant fortement dépendantes des niveaux d'eau, les changements climatiques auront une grande influence sur leur nature et leur fonction y compris les types d'espèces végétales et animales qui s'y trouvent (Bergkamp et Orlando, 1999). De plus, l'utilisation des zones humides comme moyens de subsistance devrait augmenter au fur et à mesure que les impacts des changements climatiques augmentent (Wood, 2013). Ce qui fait des zones humides un domaine clé dans le processus d'adaptation aux changements climatiques.

Il ressort de ce qui précède que les zones humides subissent de multiples pressions. À court et moyen terme, il est probable que les changements climatiques, en conjonction avec d'autres pressions, affectent sévèrement les zones humides et leurs ressources en eau (Erwin, 2009). Face à une telle situation et en égard à leur importance, quel type de gestion devons-nous prôner pour assurer la durabilité des écosystèmes des zones humides ?

4.5. Gestion des zones humides

Dans le cadre de la gestion des zones humides, certains concepts et approches ont émergé. Nous les passons en revue, avant de montrer en quoi l'approche de gestion que nous préconisons dans cette étude nous semble intéressante dans un contexte d'évolution du système social et écologique (en lien avec les changements climatiques).

4.5.1. La Notion de préservation/ conservation et d'utilisation rationnelle des zones humides

Les termes conservation et préservation sont souvent utilisés indifféremment dans le cadre de la gestion des zones humides. Mais théoriquement, il existe une nuance, même si elle a tendance à disparaître ces dernières années dans le cadre de la gestion des zones humides en Afrique (Adams, 2009; Wood, 2013). L'approche de la « conservation » tend à être associée à une gestion active qui intègre l'utilisation durable des ressources ; tandis que la « préservation » est utilisée dans le sens d'une protection contre toute forme d'utilisation. Par exemple, les premiers textes de la convention de Ramsar plaident en

faveur des oiseaux aquatiques et contre l'empiètement de l'humain afin d'assurer la protection des fonctions écologiques des zones humides (Wood *et al.*, 2013). Limoges et ses collaborateurs (2013) donnent une définition assez claire de la conservation et montrent que la protection des espèces et de la biodiversité est sa finalité: « ensemble de pratiques comprenant la protection, la restauration et l'utilisation durable et visant la préservation de la biodiversité, le rétablissement d'espèces ou le maintien des services écologiques au bénéfice des générations actuelles et futures » (p. 22).

Le concept d'« utilisation rationnelle » des zones humides a été adopté en 1987 à la 3e Conférence des Parties contractantes à la Convention de Ramsar (COP3), pour désigner le maintien des caractéristiques écologiques des zones humides. Les « caractéristiques écologiques » regroupent les éléments, les processus et les services écosystémiques, qui à un moment donné, caractérisent une zone humide (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010).

Plus tard, avec le développement du concept de développement durable, on a actualisé la définition de l'utilisation rationnelle des zones humides en y intégrant les principes de la durabilité, à savoir (Wood, 2013) :

- *Une utilisation durable sur le plan environnemental* : il s'agit de favoriser la conception des stratégies d'utilisation ou des plans de gestion des zones humides (qui peuvent même prendre en compte l'agriculture) qui ne dégradent pas les zones humides de manière irréversible et qui maintient les services écosystémiques (pour les générations futures) ;
- *Une utilisation économiquement durable* : elle fait référence à une utilisation qui permet aux utilisateurs des zones humides d'en tirer profit tout en inscrivant ce profit/avantages dans le long terme ;
- *Une utilisation socialement durable* : cela signifie que les stratégies de gestion et d'utilisation des zones humides sont réalisées de façon participative, en impliquant les communautés locales et en tenant compte des connaissances locales. Et, afin d'éviter des conflits qui affecteraient l'utilisation durable des zones humides, la gestion de ces

écosystèmes devrait impliquer l'ensemble des groupes sociaux concernés et les profits générés devraient profiter à tous.

Dans les années 1990 a émergé le concept de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), qui à la suite de la conférence internationale sur l'eau et l'environnement, est devenu le « concept moteur » de la gestion des ressources en eau (Ostrovskaya *et al.*, 2013).

4.5.2. La gestion intégrée des ressources en eau

La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est définie comme : « un processus favorisant le développement et la gestion coordonnés des ressources en eau, du sol et des ressources associés, permettant de maximiser les bénéfices économiques et sociaux, de façon équitable, sans compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux » (Agarwal *et al.*, 2000, p. 22). Il s'agit d'une approche intégrée permettant de coordonner la gestion des ressources en eau en prenant en compte tous les secteurs et groupes d'intérêt et à différentes échelles, locale, nationale et internationale. Elle permet aux acteurs à tous les niveaux de participer à l'élaboration des textes juridiques, et accorde une attention particulière à la bonne gouvernance et aux dispositions institutionnelles et réglementaires afin que des décisions justes soient prises (GWP/RIOB, 2009).

La GIRE a déjà fait du chemin en Afrique, car des plans de GIRE ont été mis en œuvre dans certains pays et beaucoup d'autres s'apprêtent à en faire de même (AMCOW, 2012). Pour faire le point de la GIRE en Afrique, nous rappelons d'abord sa genèse et son avènement en Afrique (le cas de l'Afrique de l'Ouest servira d'illustration), puis nous examinons quelques critiques faits à la GIRE par rapport à son applicabilité.

4.5.2.1. L'avènement de la GIRE en Afrique de l'Ouest

Dans les années 1990, devant l'échec général des approches existantes en matière de gestion des ressources en eau (une gestion sectorielle de l'eau sans grande coordination), une nouvelle approche était nécessaire pour tenir compte des intérêts et des besoins des différentes parties prenantes et des systèmes naturels. Cela a conduit à l'émergence des principes de Dublin (Van der Keur et Lloyd, 2010). Ces principes constituent un ensemble

de lignes directrices formulé lors de la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement de Dublin en 1992 pour la promotion d'une meilleure gestion des ressources en eau (Molle, 2012). Les quatre principes de Dublin stipulent que (Solanes et Gonzalez-Villarreal, 1999): premièrement, « l'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement »; deuxièmement, «le développement et la gestion des eaux devraient être fondés sur une approche participative impliquant les usagers, planificateurs et décideurs à tous les niveaux»; troisièmement, « les femmes jouent un rôle central dans l'approvisionnement, la gestion et la sauvegarde de l'eau » ; et quatrièmement, «l'eau a une valeur économique dans toutes ses utilisations concurrentes et doit être reconnue comme un bien économique » (p. 6). Ces principes ont servi de fondement à la GIRE, qui à la suite des conférences internationales sur l'eau et l'environnement à Dublin et à Rio de Janeiro en 1992, a attiré une attention particulière (Agarwal *et al.*, 2000).

Le processus GIRE a véritablement commencé en Afrique à partir de la conférence de Ouagadougou en 1998, à l'issue de laquelle les ministres chargés de l'eau et les chefs de délégation des 15 pays membres de la CEDEAO ont adopté la « Déclaration de Ouagadougou ». Cette déclaration invitait les gouvernements concernés à mettre en œuvre un processus de gestion intégrée des ressources en eau et créer un cadre de coopération régionale pour cela (GWP/WA, 2013). En mars 2000, le Conseil des ministres de l'eau et de l'environnement de la CEDEAO a adopté la « Vision ouest-africaine pour l'eau, la vie et l'environnement pour 2025 » (CEDEAO, 2008). La Vision souligne l'importance de l'eau pour le développement socio-économique en Afrique; elle reconnaît les liens entre la pauvreté et le manque d'accès à l'eau et à l'assainissement, ainsi que l'interdépendance entre l'eau et le développement socio-économique (Stucki, 2011). D'après le même auteur, au niveau régional, les commissions économiques SADC en Afrique australe et CEDEAO en Afrique de l'Ouest ont développé respectivement des stratégies régionales pour la GIRE dans les deux régions. De nos jours, des plans de GIRE ont été mis en œuvre dans 18 pays africains et sont en cours dans d'autres (AMCOW, 2012). Le Burkina Faso est l'un des pionniers à avoir mis

en place un plan GIRE depuis 2003. Le Mali a emboité le pas un peu plus tard, en 2008 (Cherlet et Venot, 2013).

4.5.2.2. Les limites à la mise en œuvre de la GIRE en Afrique

La GIRE a été présentée comme une bonne approche de gestion des ressources en eau, car elle permet de mettre en place un cadre permettant aux populations locales de s'exprimer sur leurs problèmes et besoins, d'être responsables face à l'utilisation de leurs ressources et d'acquérir des compétences afin de prendre des décisions éclairées (Nyambod et Nazmul, 2010). Dans ce sens, la position de certains auteurs tend à relativiser les critiques formulées à l'endroit de la GIRE. Ainsi, Medema et ses collaborateurs (2008) soutiennent que la GIRE n'est pas un état final à atteindre, qu'elle est un processus continu qui cherche l'équilibre et le compromis entre les différents objectifs et points de vue d'une manière informée. Agarwal et ses collaborateurs (2000 p.7) ajoutent qu'« il n'existe pas de recette universelle » en la matière et que la GIRE repose sur certains principes fondamentaux qui peuvent être appliqués à une échelle assez large. Par conséquent, les démarches pour l'application de ces principes seront nécessairement différentes, car les situations varient énormément d'un pays à l'autre ou d'une région à l'autre : les problèmes liés à l'eau, les ressources humaines, les capacités institutionnelles, les conditions naturelles, etc. Par contre, les résultats atteints par la GIRE dans certains pays d'Afrique ont été jugés relativement décevants pour certains auteurs. Par exemple, en Tanzanie, une récente étude d'évaluation des 25 ans de la GIRE a identifié les perdants et les gagnants (van Koppen *et al.*, 2016) : les perdants sont les petits exploitants et le gouvernement (en partie), et les gagnants sont les grands investisseurs privés. L'étude conclura que dans l'ensemble, la GIRE prive l'accès à l'eau aux petits exploitants et les rend plus vulnérables à la pauvreté et au chômage. Pour le cas du fleuve Wami-Ruvu en Tanzanie, Mdee (2017) constate qu'il existe un écart manifeste entre le contenu des cadres politiques et la manière dont ces cadres sont mis en œuvre dans la pratique et que les institutions de la GIRE opérant au niveau des bassins fluviaux sont incapables de résoudre les problèmes de dimensions sociopolitiques. D'autres auteurs reconnaissent que les principes généraux de la GIRE sont

généralement solides, mais leur mise en œuvre est jugée insuffisante (Butterworth *et al.*, 2010). En Ouganda, Nicol et ses collaborateurs (2015) trouvent que la mise en œuvre de la GIRE sur le terrain, après deux décennies, reste mince et son exercice dans la pratique est limité. Molle (2008) lui reprochent l'imprécision de sa définition et la qualifie de « concept nirvana ». Jeffrey et Gearey (2006) diront ceci :

« Despite its popularity (and one might say its reputation) IWRM remains: (i) a theory about, (ii) an argument for, and (iii) at best a set of principles for, a certain approach to water resources management. Empirical evidence which unambiguously demonstrates the benefits of IWRM is either missing or very poorly reported » (p.4).

Il est donc notoire que l'approche GIRE n'est pas reconnue par tous comme une bonne approche de gestion des ressources en eau et sa pertinence est remise en question (Biswas, 2004; Jeffrey et Gearey, 2006; Molle, 2008). Cette approche semble aussi être limitée face à des incertitudes accrues comme les changements climatiques, la croissance démographique, et les demandes croissantes des différents secteurs et utilisateurs de l'eau. Ces incertitudes ou défis rendent la planification plus complexe (Medema *et al.*, 2008). Or, la GIRE doit répondre à ces grands défis.

Une dernière approche que nous présentons est la « gestion adaptative de l'eau ». Il s'agit d'une approche pouvant prendre en compte les changements imprévisibles de l'environnement physique (Mysiak *et al.*, 2010) ou « l'incertitude écologique » (Rist *et al.*, 2013). Par ailleurs, certains auteurs soutiennent que la GIRE peut être améliorée par la « Gestion adaptative de l'eau » (Van der Keur *et al.*, 2010).

4.5.2.3. La GIRE et la gestion adaptative de l'eau

La gestion adaptative est, de plus en plus, utilisée dans les activités liées aux ressources en eau, car la complexité de la nature des écosystèmes aquatiques pose un défi à leur gestion qui nécessite une approche souple et adaptée (Boesch *et al.*, 2006). Les défis liés à la gestion des ressources en eau sont, entre autres, les incertitudes croissantes liées au climat, aux changements environnementaux globaux et aux changements rapides des

conditions socio-économiques (Medema *et al.*, 2008). C'est pourquoi une transition doit être faite, avec plus d'attention, des régimes de gestion actuels vers des régimes plus adaptatifs qui prennent en compte les caractéristiques environnementales, technologiques, économiques, institutionnelles et culturelles des bassins fluviaux (Pahl-Wostl, 2007).

La Gestion adaptative de l'eau (GAE) reconnaît la complexité des systèmes à gérer et les limites de leur prévision et de leur contrôle (Van der Keur *et al.*, 2010). Elle est fondée sur le fait que la capacité à prédire les principaux facteurs futurs pouvant influencer un écosystème, ainsi que le comportement et les réponses du système, est intrinsèquement limitée. Alors, la gestion doit être adaptative et inclure la capacité de modifier les pratiques de gestion en fonction de nouvelles expériences et idées (Pahl-Wostl, 2007).

Les deux approches, la GIRE et la GA, ont toutes les deux des décennies de développement et d'application (Medema *et al.*, 2008). L'idée de la gestion adaptative a été discutée dans la gestion des écosystèmes (Holling 1978; Walters, 1986 ; Lee 1999). Le véritable apport de la gestion adaptative de l'eau (GAE) dans le contexte de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est qu'elle apporte une valeur ajoutée à celle-ci en acceptant explicitement l'incertitude par la prise en compte des influences externes (par exemple, les changements climatiques) au fil du temps. Ainsi, construire une capacité d'adaptation au moyen de la GAE pour naviguer dans un avenir incertain peut donc ajouter de la valeur à la GIRE (Van der Keur *et al.*, 2010). En tant que processus, cela implique « une évaluation du problème, la conception, la mise en œuvre, le suivi, l'évaluation et le retour d'information » (Van der Keur *et al.*, 2010, p. 8). Selon ces derniers auteurs, l'application d'une approche GAE à la GIRE permet de construire des systèmes résilients basés sur des principes d'équité et d'efficacité. Le processus de la GIRE devient alors un processus itératif et adaptatif (figure 13), visant un territoire géographiquement déterminé (Georges Gangbazo, 2011). Ce processus peut se présenter en six étapes (GWP/RIOB, 2009) : 1) Définir les objectifs généraux (ce à quoi on aspire); 2) Identifier les problèmes à résoudre (identifier les questions-clés); 3) Élaborer les différentes stratégies (comment va-t-on y parvenir ?), discuter le choix d'une stratégie ou d'une combinaison de stratégies; 4) Mettre

en œuvre la stratégie; 5) Évaluer les résultats et tirer les enseignements; 6) Ajuster le plan afin de le rendre plus performant à l'avenir.

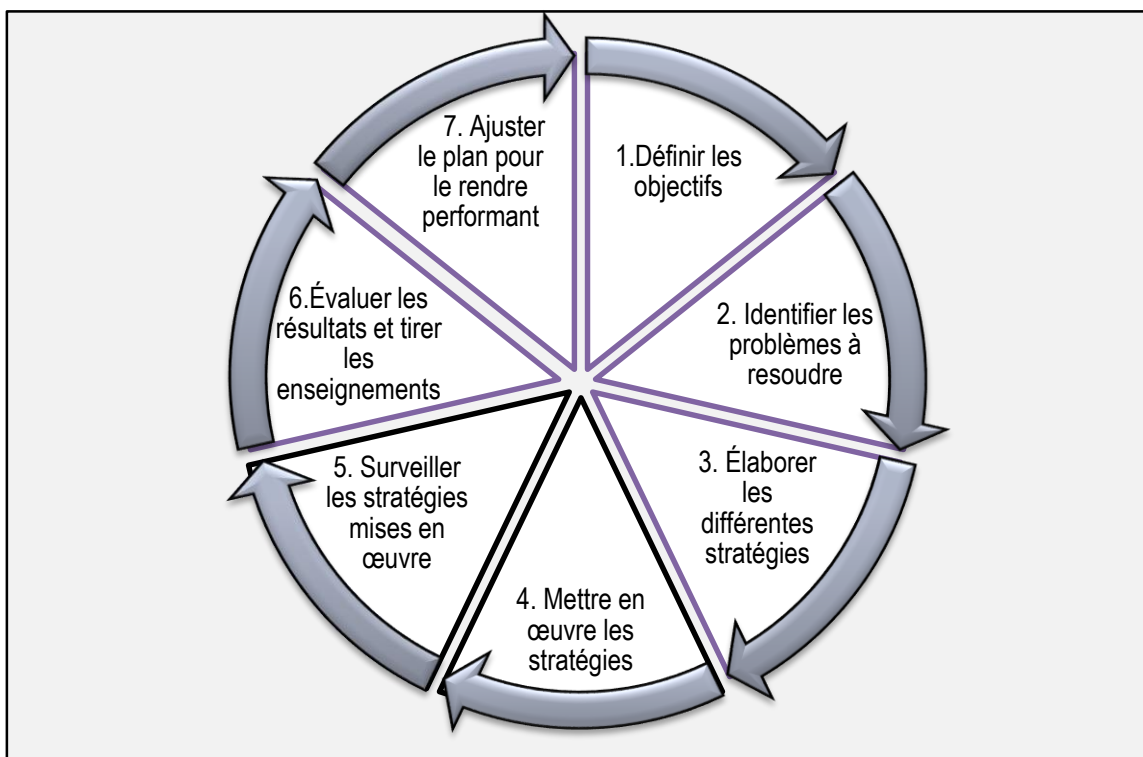


Figure 13. Processus itératif et adaptatif de la GIRE (source : Gangbazzo, 2011)

4.5.3. Les difficultés inhérentes à la mise en œuvre des approches de gestion des zones humides

Les facteurs qui bloquent l'effectivité de la mise en œuvre de « bonnes pratiques de gestion des zones humides » sont de trois ordres (Ostrovskaya *et al.*, 2013; Turner *et al.*, 2000) :

- ✓ *Les facteurs internes*: les zones humides étant des ressources communes avec des contours mal délimités, elles sont au centre d'une utilisation où les intérêts individuels et collectifs divergent. Cela peut conduire au scénario de la « tragédie des biens communs » de Hardin (1968) qui souligne l'incompatibilité entre le caractère commun d'une ressource et sa durabilité;
- ✓ *Les facteurs externes*: les zones humides étant intégrées dans un ensemble plus vaste, le bassin versant, tout aménagement effectué sur leur bassin peut avoir des

répercussions sur elles. Par exemple, les aménagements en amont modifient la qualité et le débit de l'eau qui alimente les zones humides en aval (Schuijt et Fischer, 2002);

- ✓ *Le déficit d'information* : il fait allusion à une évaluation insuffisante des fonctions des zones humides. Il arrive parfois que les utilisateurs/parties prenantes soient mal informés sur les fonctions et valeurs des zones humides, ainsi que leur utilisation durable.

Conclusion partielle

La population africaine, en croissance rapide, exprime une forte demande en eau tandis que les ressources en eau sont, non seulement, limitées, mais elles sont périodiquement affectées par des sécheresses (UNEP, 2008). Les zones humides, quant à elles, sont soumises à de multiples pressions (humaines et naturelles) (Bouldjedri *et al.*, 2011 ; Dixon et Wood, 2003 ; Niassé *et al.*, 2004). À l'avenir, l'Afrique aura à relever deux défis majeurs (Maestu, 2015) : la forte pression sur les ressources en eau pour répondre à la forte demande d'une population en croissance, et les impacts des changements climatiques qui se traduiront par plus de variabilité et la multiplication des événements extrêmes comme les inondations et les sécheresses. Face un tel scénario, les zones humides pourraient être davantage affectées, voire disparaître dans certains cas. De ce fait, les conflits résultant de la compétition entre les différents utilisateurs pour l'accès et le contrôle des ressources en eau pourraient se multiplier. Se pose alors la problématique de la gestion des ressources en eau en général et celle des zones humides en particulier. Or, à l'image de la GIRE, la mise en place d'une approche de gestion des zones humides peut se révéler difficile en raison des facteurs liés à la spécificité des zones humides (Ostrovskaya *et al.*, 2013; Turner *et al.*, 2000), mais aussi en raison de l'incertitude écologique liées aux changements climatiques (Rist *et al.*, 2013). C'est en considération de tous ces facteurs que nous avons privilégié l'approche de la « gestion adaptative ». Il s'agit d'une approche assez flexible qui prend en compte l'incertitude écologique (Rist *et al.*, 2013). Mais la spécificité de notre démarche réside dans le fait que les communautés à l'échelle locale plus fine (le terroir) sont mises au centre du processus de la gestion adaptative. Au-delà de leur

implication dans le processus, leur savoir écologique est pris en compte, et ce, dans la perspective d'une co-construction des connaissances et d'une complémentarité entre la science et le savoir écologique traditionnel.

4.6. Les zones humides au Mali

Selon la Loi n° 10-028/du 12 juillet 2010 déterminant les principes de gestion des ressources du domaine forestier national (Article 2.65), une zone humide est un « terrain exploité ou non, habituellement inondé ou gorgé d'eau de façon permanente ou temporaire; la végétation quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » (J.O. du 6 août 2010)². Le rapport national sur les zones humides de 2005, que le Mali a soumis à la 9^e Session de la Conférence des Parties contractantes à la convention Ramsar apporte quelques détails à cette définition. Selon ce rapport, les zones humides désignent toutes les aires occupées de façon permanente ou temporaire par des eaux de surface et les ressources biologiques qui y sont associées. Elles incluent les fleuves, les rivières, les lacs, les mares, les plaines d'inondation, les oasis, les retenues de barrage, les périmètres irrigués (République du Mali, 2005).

Il s'agit donc d'une diversité de zones humides qui sont inégalement réparties sur le territoire national malien.

4.6.1. Typologie et distribution des zones humides du Mali

Vaste pays continental (1 241 138 km²), le Mali s'étale sur trois bassins fluviaux (Dicko *et al.*, 2007) : les bassins du Niger, du Sénégal et de la Volta. Selon la FAO (2015), 41% de la superficie totale du Mali fait partie du bassin intérieur du désert de Sahara, 47% se situent dans le bassin versant du fleuve Niger, 11% dans celui du fleuve Sénégal, et seulement 1% dans le bassin versant du fleuve Volta. Cette position géographique sur les bassins fluviaux explique pourquoi le pays abrite plusieurs zones humides, dont certaines ont le statut de zone humide d'importance internationale (Dicko *et al.*, 2007).

² Journal officiel du 6 août 2010, République du Mali, pp. 1244-1262.

Entouré par 7 pays, le Mali partage de nombreuses zones humides avec ses voisins (zones humides transfrontalières) (Dicko *et al.*, 2007; République du Mali, 2018). Il s'agit entre autres de la plaine inondable du Sourou (Mali-Burkina Faso); du haut Niger (Mali-Guinée), de la Falémé (Mali-Sénégal), de la Bagoé (Mali-Cote d'Ivoire), du fleuve Sénégal (Mali-Mauritanie-Sénégal) ou encore de la mare d'Aderamboukane (Mali-Niger).

Les zones humides du Mali peuvent être regroupées en deux grands types (Dicko *et al.*, 2007): les zones humides naturelles et les zones humides artificielles.

4.6.1.1. Les zones humides naturelles

Selon Dicko et ses collaborateurs (2007), en faisant une classification des zones humides naturelles du Mali en fonction des types de milieux et de leurs caractéristiques biologiques et physiques (classification écologique), on peut individualiser 3 types de zones humides:

❖ **Les zones humides des plaines alluviales** : Les zones humides des plaines alluviales sont rencontrées en bordure des cours d'eau (zones humides de bordure). Ce sont des zones (terres) qui sont périodiquement inondées par le débordement latéral des fleuves, des rivières ou des lacs, et/ou par les précipitations directes ou les eaux souterraines; l'environnement issu de ce processus conditionne alors la vie animale et végétale qui s'y adapte (Junk *et al.*, 1989). Donc, les inondations des plaines inondables ne proviennent pas toutes nécessairement des écoulements latéraux des cours d'eau, mais parfois des pluies locales, surtout dans les zones marécageuses et les mares. Dans certains cas, les eaux de ruissellement locales peuvent provoquer des inondations avant le début des inondations liées aux crues du fleuve (Adams, 1993).

Les plaines d'inondation sont nombreuses le long des fleuves qui arrosent le Mali, mais la plus importante est le Delta intérieur du Niger (DIN) (figure 14) qui est la deuxième grande zone humide de l'Afrique après la plaine d'inondation de l'Okavango en Afrique australe (Niasse *et al.*, 2004). S'étendant entre les villes de Ségou au sud et de Tombouctou au nord (13-17° N), le DIN est une plaine inondable de quelque 38 000 km², inondée de façon

saisonnaire (Robertson, s. d.). Il est inondé entre octobre et janvier, donnant l'aspect d'une mer intérieure, mais entre mars et juillet, c'est une vaste plaine poussiéreuse où l'eau ne coule que dans les principaux cours d'eau (Moorehead, 1984). Bref, le DIN, en plus de sa forte productivité qui est propice à l'économie locale, permet une extraordinaire concentration d'oiseaux aquatiques et d'autres espèces sauvages (Dugan, 1997).

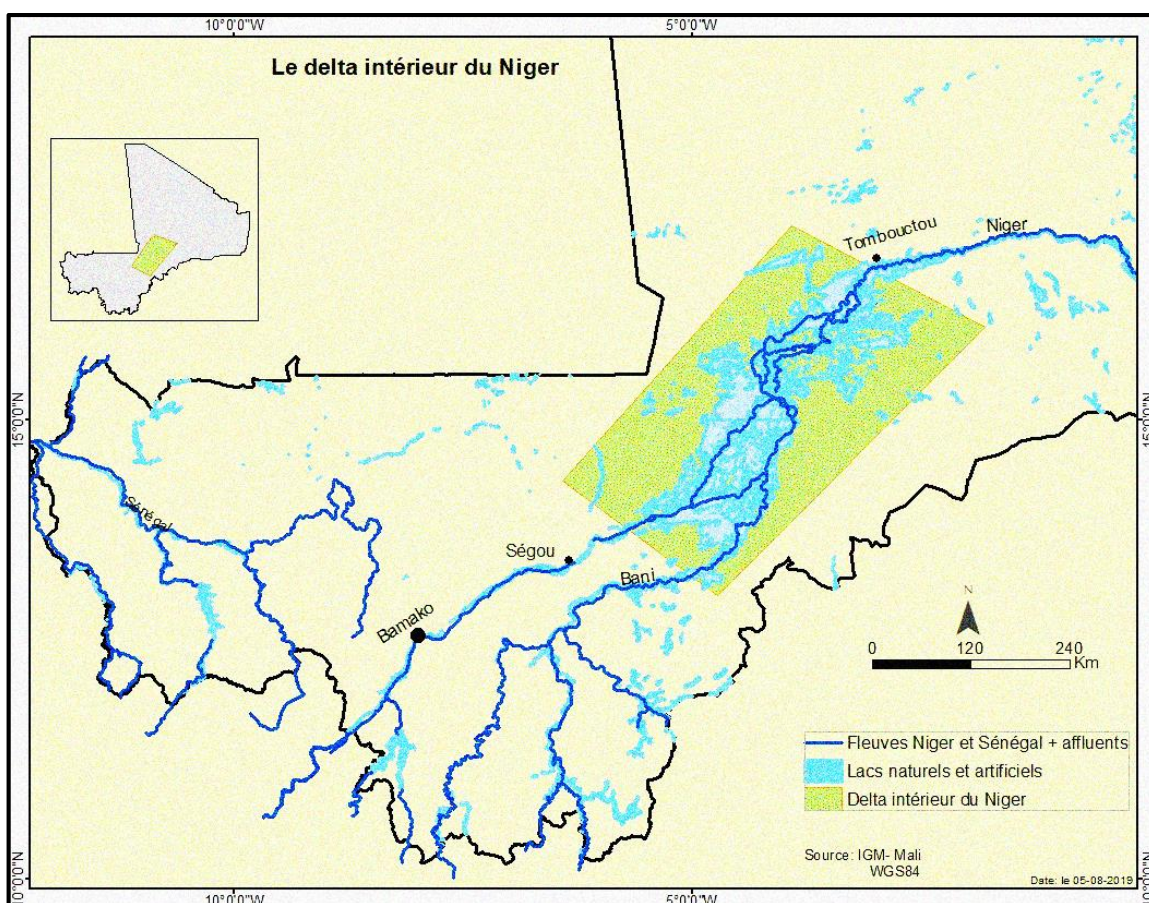


Figure 14. Le Delta intérieur du Niger (source : IGM-Mali).

❖ **Les étendues d'eau naturelles stagnantes ou à faible courant** : Ces formes de zones humides comprennent les lacs et les mares, qu'ils soient permanents ou temporaires. Le Mali compte un nombre important de lacs, près d'une centaine, dont la plupart sont situés dans les régions de Tombouctou, Mopti, Kayes, Ségou et Koulikoro (Berthe et Kone, 2008). Citons-en quelques-uns. Dans la région de Koulikoro, se trouve le lac Wégna, qui est non seulement le lac le plus important de cette région (ARK, 2008), mais il est aussi nommé site

Ramsar depuis 2013 (Secrétariat de la convention de Ramsar, 2019). Il en est de même pour le lac Magui, dans la région de Kayes (ARK, 2009; Secrétariat de la convention de Ramsar, 2019) (figure 15). Dans la partie centre et Nord du pays, notamment sur la rive gauche du fleuve Niger, on compte 17 grands lacs dont les lacs Faguibine, Télé, Gouber, Kamango, Daoukiré, Daouna, Fati, Horo, Kabara, Débo (DNH, UNESCO-WWAP, 2006). À ces lacs s'ajoutent les mares permanentes à semi-permanentes notamment dans la zone du Gourma. Elles sont environ 200, dont les deux tiers ne sont pas durables et occupent souvent de très petites surfaces (Berthe et Kone, 2008);

❖ ***Les eaux stagnantes recouvrant le sol sur une mince épaisseur*** : les zones humides où les masses d'eaux stagnantes et peu profondes sont accumulées, de façon permanente ou non, comprennent les marais, les marécages, les plaines d'inondation, les dépressions, etc.

À ces types de zones humides habituellement connues, s'ajoutent d'autres formes de zones humides caractéristiques de la partie désertique du pays, notamment, la partie saharienne des régions de Gao et Kidal, dans les vallées du Tamesna et du Tilemsi (UICN, 1995, cité par Berthe et Kone, 2008) : les oueds et les oasis.

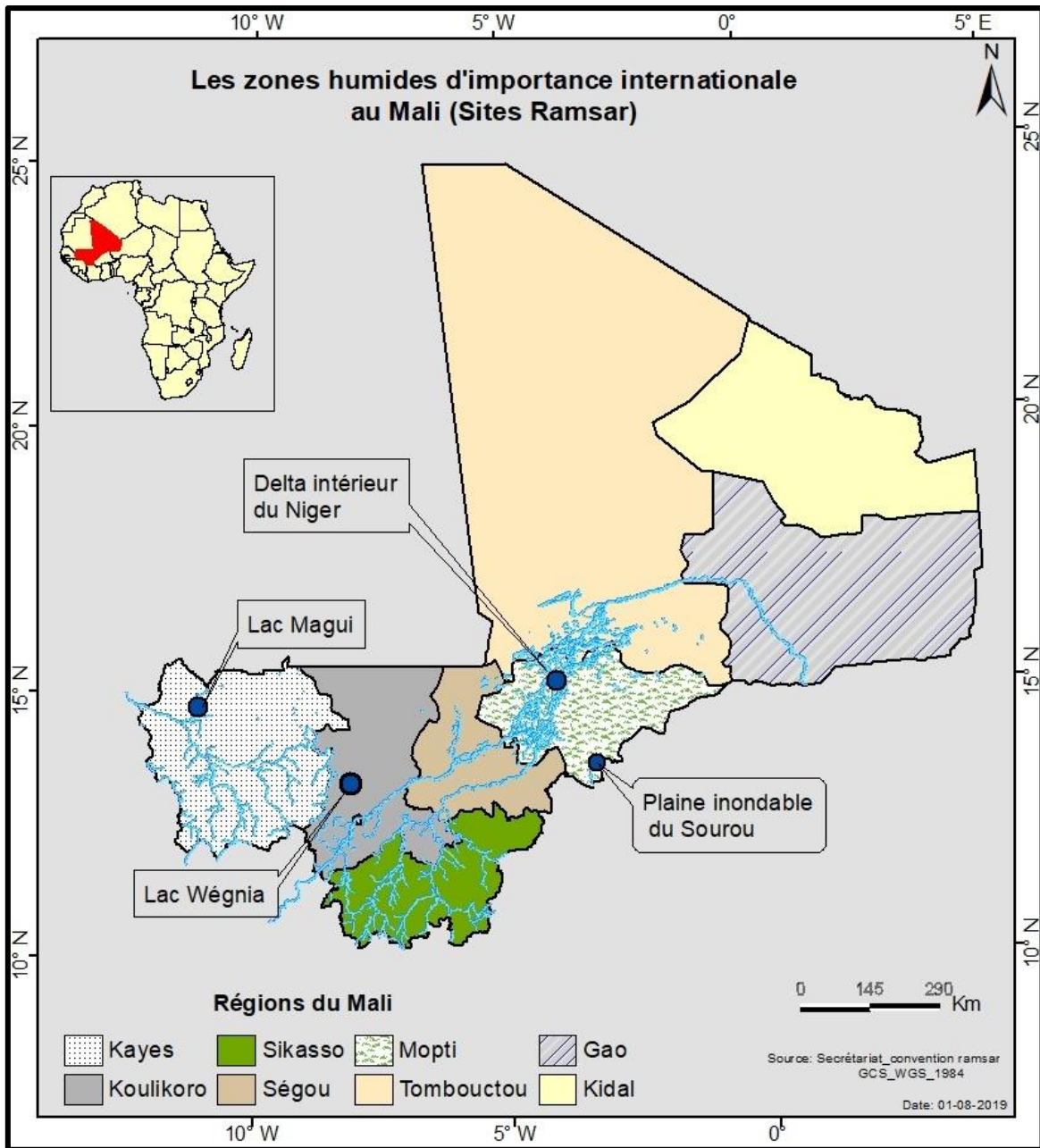


Figure 15. Les sites Ramsar et les autres zones humides au Mali (source : secrétariat de la convention Ramsar, 2019).

4.6.1.2. Les zones humides artificielles

Les zones humides artificielles sont représentées par les lacs de barrage, les canaux d'irrigation, et les surfaces irriguées. Nombre de ces ouvrages ont été réalisés par les

autorités maliennes à la suite des grandes sécheresses (Dicko *et al.*, 2007). En effet, les sécheresses des années 1970 ont fait baisser le niveau hydraulique des cours d'eau, empêchant par conséquent la submersion naturelle de beaucoup de plaines inondables. S'est alors installée une crise alimentaire qui est la conséquence, non seulement du déficit pluviométrique et hydrologique, mais aussi de la croissance démographique (Zare, 2015). Pour juguler la crise alimentaire, il fallait donc entreprendre de gigantesques travaux d'aménagement en vue de contrôler les crues, développer l'irrigation, et produire de l'hydroélectricité (Zare, 2015 ; Diallo, 2016). Ainsi, cinq barrages ont été construits sur les fleuves Niger et Sénégal et leurs affluents (FAO, 2015; Droy et Morand, 2013): le barrage de Sélingué sur le Sankarani (1981) ; le barrage de Manantali sur le Bafing (1988); le barrage de Talo sur le Bani (2006). Quant à la réalisation des barrages de Sotuba et de Markala sur le fleuve Niger (construit respectivement en 1925 et 1947), elle est bien évidemment antérieure aux sécheresses des années 1970. La figure 16 présente la distribution spatiale de ces différents ouvrages.

En raison de nombreux services écosystémiques qu'elles offrent aux populations maliennes, les zones humides sont d'une importance vitale (Mitchell, 2013 ; Berthe et Kone, 2008 ; Dicko *et al.*, 2007, Adams, 1993). Mais, quel est l'état actuel de ces écosystèmes? Quel dispositif est-il mis en place pour les gérer? Ce dispositif est-il efficace pour assurer leur conservation et leur utilisation rationnelle dans un contexte marqué par la croissance démographique et les changements climatiques? Sinon, quelle approche peut-on préconiser pour leur meilleure gestion? Ce sont des questions auxquelles nous chercherons à répondre dans la section suivante.

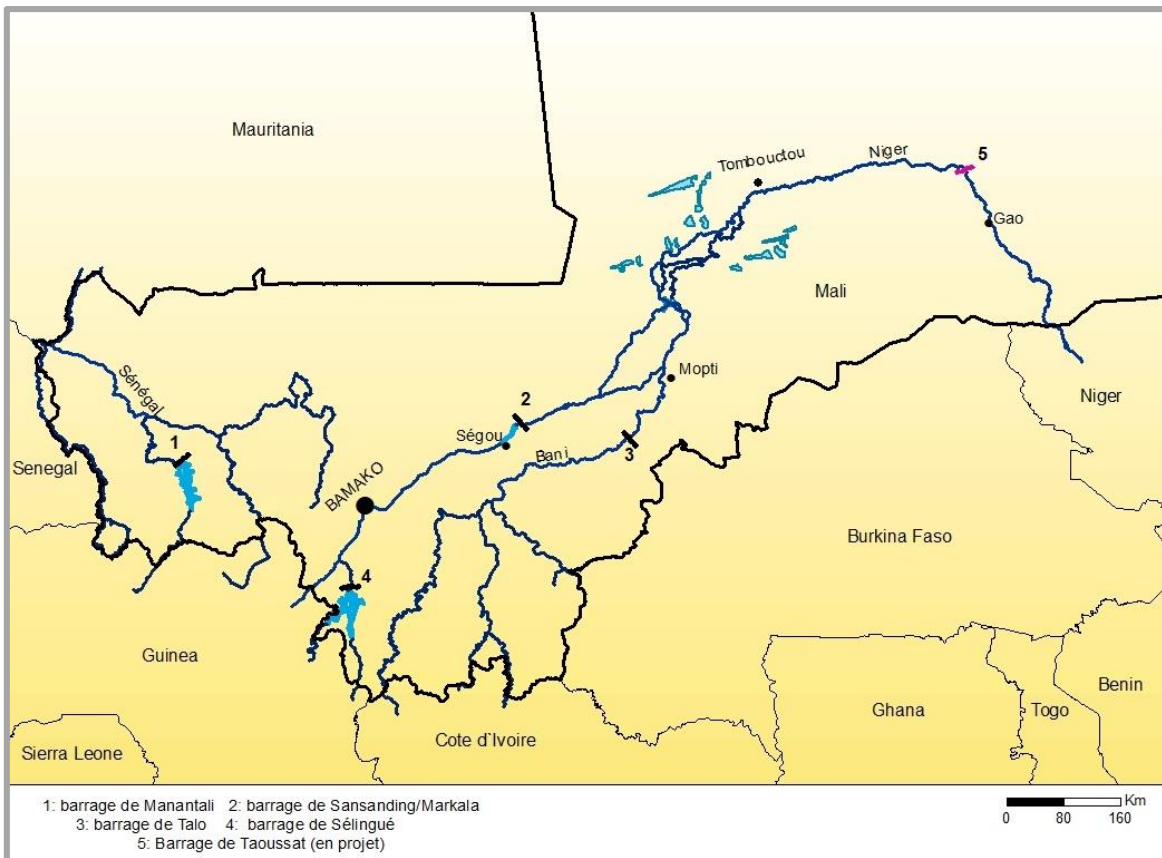


Figure 16. Localisation des barrages de retenue réalisés ou en projet. Les chiffres de 1 à 4 désignent les barrages réalisés et 5 indique le barrage de Taoussa qui sera probablement construit dans l’avenir (source : SRI, 2017 ; adapté de Droy et Morand, 2013).

4.6.2. Gestion des zones humides au Mali

Pour analyser le cadre de gestion des zones humides au Mali, nous présentons d’abord le cadre institutionnel de cette gestion, ensuite nous abordons la problématique de la gestion des zones humides au Mali.

Pour analyser ce cadre institutionnel de la gestion des zones humides au Mali, nous nous sommes appuyés sur le contenu des rapports nationaux que le Mali a soumis aux différentes conférences des Parties contractantes à la Convention de Ramsar (COP), notamment le dernier rapport qui a été réalisé pour la COP13, qui s’est tenue à Dubaï, aux Émirats arabes unis, en 2018.

4.6.2.1. Cadre institutionnel de gestion des zones humides au Mali

Le Mali s'est doté de quelques instruments juridiques et de politiques pour la gestion des ressources naturelles en général. Mais, ici, nous nous intéressons particulièrement à ceux qui s'appliquent directement ou indirectement aux zones humides. Il s'agit de :

- *La Loi N°02- 006/ du 31 janvier 2002 portant code de l'eau*³ : elle fixe les règles d'utilisation, de conservation, de protection et de gestion des ressources en eau. Selon cette loi (article 4), la protection de l'eau, sa mise en valeur, et le développement de la ressource, dans le respect des équilibres naturels, constituent un devoir pour tous (l'État, les collectivités territoriales, les citoyens). Et, la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole relèvent de l'intérêt général (article 63) ;

- *La Loi N°10-028 du 12 juillet 2010 déterminant les principes de gestion des ressources du domaine forestier national*⁴ : elle détermine les conditions de conservation, de protection, d'exploitation, de transport, de commercialisation, de mise en valeur et d'utilisation durable des ressources forestières. En son article 12, cette loi stipule que les abords des cours d'eau permanents, semi-permanents, des îles et îlots doivent faire l'objet d'actes de classement comme périmètres de protection sur 25 m à partir de la berge. Concernant le lac Wégna, qui est un lac permanent, ses abords ont été classés comme périmètre protégé et une plaque, sur laquelle cette information est portée, est encore visible sur le terrain. Mais, cette mesure n'est nullement respectée par les populations qui continuent d'abattre des arbres à l'intérieur de ce périmètre "dit protégé" (selon nos enquêtes) ;

- *La Loi N°2018-036/ du 27 juin 2018 fixant les principes de gestion de la faune et de son habitat*⁵ : Elle détermine les principes fondamentaux et les conditions générales de

³ République du Mali (2002). La Loi N°02- 006/ du 31 janvier 2002 portant code de l'eau, J.O du 10 février 2002, pp 124-132.

⁴ République du Mali. (2010). Loi N°10-028 du 12 juillet 2010 déterminant les principes de gestion des ressources du domaine forestier national, journal officiel, N°32 pp. 1244-1262.

⁵ République du Mali (2018). Loi N°2018-036/ du 27 juin 2018 fixant les principes de gestion de la faune et de son habitat, journal officiel du Mali, N°31 pp.1222-1249.

protection, de gestion et de développement de la faune et de ses habitats. Elle définit également les mesures de conservation, de mise en valeur et d'utilisation durable des animaux sauvages, de leurs milieux de vie et de leur diversité biologique. Selon cette loi, les zones humides relèvent du domaine public naturel de l'État et des collectivités territoriales (Article 52). Et, pour les préserver et assurer la conservation de la faune, il est possible d'y créer des aires protégées ; cela est valable pour les zones humides inscrites ou non sur la liste des sites Ramsar ;

- *La politique nationale des zones humides* : elle a été adoptée en 2003 et assortie d'un plan d'action en 2004 dont la mise en œuvre couvre la période 2004-2008. Cette politique définit, à long terme (horizon 2025), la vision du Mali pour la gestion des écosystèmes des zones humides (Berthe et Kone, 2008).

En plus de cette politique ciblant directement les zones humides, d'autres politiques nationales visant l'eau, l'assainissement, et la protection de l'environnement ont été élaborées (FAO, 2015) :

- *La Politique nationale de l'Eau (2006)* : elle fixe des orientations en vue d'une gestion durable des ressources en eau;
- La Politique nationale d'Assainissement (2007): elle s'attache à la gestion des déchets solides des ménages et de l'industrie, eaux usées et excréta, déchets spéciaux... ;
- La Politique nationale de Protection de l'Environnement (1998) : elle vise à maintenir un environnement propre et un développement durable en prenant en compte les questions environnementales dans toutes les décisions concernant les politiques, programmes, et activités de développement.

Plusieurs structures de l'État interviennent dans la gestion des zones humides, parmi lesquels, nous avons : le ministère de l'Énergie et de l'Eau ; le ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement durable ; le ministère de l'Agriculture ; le ministère de l'Élevage et de la Pêche ; la direction nationale de l'hydraulique (DNH), la direction nationale des eaux et forêts (DNEF), et l'Agence de l'Environnement et du Développement durable (AEDD).

Le Mali est accompagné dans la gestion de ses zones humides par certaines organisations internationales, surtout concernant la mise en œuvre de la Convention de Ramsar. Il s'agit de Wetlands International, de l'Union mondiale pour la nature (UICN), du programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). De plus, plusieurs ONG nationales interviennent dans la conservation des zones humides comme AMPRODE Sahel, l'Association Malienne pour la protection de l'environnement et de la Faune (AMPEF), l'Association Malienne pour la Conservation de la Faune et de l'Environnement (AMPCFE), etc. Le pays collabore également avec les pays africains avec lesquels il partage les mêmes bassins fluviaux au sein des organisations pour la gestion concertée et durable des zones humides transfrontalières (FAO, 2015):

- *L'Autorité du bassin du Niger (ABN)* : créée en 1980 et regroupant neuf pays (Bénin, Burkina, Cameroun, Côte d'Ivoire, Guinée, Mali, Niger, Nigeria et Tchad), l'ABN vise la gestion des ressources partagées du fleuve Niger et de ses affluents. Son plan d'action adopté en 2007 s'articule autour de trois objectifs principaux sont: (1) améliorer la qualité des eaux; (2) préserver les écosystèmes; et (3) aménager le bassin du fleuve Niger en privilégiant les pratiques agricoles durables et lutter contre l'érosion et l'ensablement de ce fleuve;

- *L'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS)*: réunissant le Mali, la Mauritanie, le Sénégal, et la Guinée (qui rejoint l'organisation en 2006), l'OMVS a été créée en 1972 pour développer l'agriculture, la navigation, la production d'électricité, et la préservation des écosystèmes;

- *L'Autorité du bassin de la Volta (ABV)*: elle regroupe le Burkina Faso, le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Mali et le Togo. L'ABV a pour objectif la gestion rationnelle, concertée et intégrée des ressources du bassin de la Volta, la conservation des écosystèmes du fleuve Volta. Un schéma directeur d'aménagement et de gestion des ressources en eau du bassin du Sourou (la partie malienne du bassin de la Volta) a été élaboré par le Mali en 2012. Il a pour objectif de passer d'un système de gestion peu durable des ressources en eau à une « gestion structurée et disciplinée » autour de l'eau et fondée sur les principes et règles de la GIRE (MEE, 2012, p. 11).

Enfin, le Mali a ratifié la convention de Ramsar, le 25 septembre 1987. Le pays compte actuellement 4 sites classés comme zones humides d'importance internationale (sites Ramsar), d'une superficie de 4 204 640 hectares (Secrétariat de la convention de Ramsar, 2019) (tableau 3). L'application de cette convention a nécessité la mise en place de quelques structures tels que le comité national Ramsar et les comités régionaux Ramsar. Le comité national Ramsar et les comités régionaux Ramsar appuient et orientent le point focal national Ramsar dans l'application de la politique nationale des zones humides, de son plan d'action, et des recommandations issues des conférences des parties à la convention de Ramsar. Pour les sites Ramsar du lac Wégניה et du Delta intérieur du Niger, un comité de gestion intersectoriel est mis en place.

Dans le souci d'harmoniser l'application de la Convention de Ramsar avec celle d'autres accords multilatéraux sur l'environnement (AME), un cadre de concertation fonctionnel a été mis en place. Il est présidé par l'Agence de l'Environnement et du Développement durable (AEDD). Les AME concernés sont entre autres la Convention sur la diversité biologique (CDB), la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULD), la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

Tableau 3. Les différents sites Ramsar du Mali et leurs caractéristiques

Nom du site	Date de désignation	Régions	Superficie	Coordonnées
D.I.N*	01/02/2004	M, T, S*	4 119 500 ha	15°12'N 004°06'W
Lac Magui	22/03/2013	Kayes	24,740 ha	14°44'N 011°04'W
Lac Wégניה	22/03/2013	Koulikoro	3,900 ha	13°17'N 008°07'W
P.I.S*	22/03/2013	Mopti	56,500 ha	13°38'N 003°20'W

P.I.S signifie Plaine inondable du Sourou ; M, T, S : Mopti, Tombouctou, Ségou ; D.I.N : Delta intérieur du Niger (source : Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2019).

4.6.2.2. Problématique de la gestion des zones humides au Mali

Les vallées des fleuves Niger et Sénégal, les multiples lacs et mares, les lacs de Barrage de Sélingué, Manantali et Markala fournissent de nombreuses ressources aux communautés qui les exploitent directement, mais d'une manière générale, ce sont des écosystèmes qui profitent à l'ensemble de la population malienne et participent à la réalisation des objectifs de développement du pays (Berthe et Kone, 2008). Cependant, ces écosystèmes subissent d'énormes pressions au point que l'existence de certains est menacée. Deux grands facteurs sont à l'origine de ces pressions: les facteurs humains portant sur la croissance démographique et le développement des activités humaines, et les facteurs naturels, notamment les sécheresses et les tempêtes de sable (Dicko *et al.*, 2007).

- **Les facteurs humains**

L'augmentation rapide de la population malienne (2,5% d'accroissement naturel selon INSTAT-Mali, 2018) et le développement de ses activités ont entraîné des conséquences sur les zones humides. Urbanisation, besoins en terres agricoles, rejets de polluants (agricoles, industriels, domestiques) dans les cours d'eau, construction de barrages de retenue en vue de développer la production agricole et d'hydroélectricité sont autant de facteurs qui menacent les zones humides maliennes (Berthe et Kone, 2008).

La transformation des zones humides en terres agricoles sous l'impulsion de la poussée démographique ainsi que l'influence des villes sur les zones humides ont été évoquées précédemment. Nous n'allons pas revenir là-dessus. En revanche, nous donnerons plus de détails sur trois aspects qui influent sur la qualité des zones humides, à savoir la pollution des eaux de surface; l'impact des barrages de retenue et de l'irrigation; et les effets des activités minières.

La pollution des eaux de surface au Mali est due aux eaux usées et aux déchets domestiques en provenance des villes, mais surtout aux effluents industriels (FAO, 2015). Même si la pollution « physicochimique » n'est pas alarmante, il est tout de même remarquable que la

qualité des eaux de surface diminue d'une année à l'autre (DNH, UNESCO-WWAP, 2006). Et, cette pollution, aussi relative soit-elle, atteint des proportions inquiétantes dans le fleuve Niger au large de Bamako. En effet, il est reconnu que 54% des unités industrielles sont installées à Bamako et que la plupart de ces unités ne disposent pas d'un système de traitement des effluents industriels. En conséquence, les eaux usées sont directement rejetées dans le fleuve Niger (Berthe et Kone, 2008). Selon ces derniers auteurs, la quantité d'effluents rejetés est estimée à 2000 m³/jour, et 16 000 m³/jour pour les eaux usées des unités de teinture. Aussi, l'irrigation contribue à la pollution des eaux en raison des résidus d'engrais et d'autres constituants chimiques que contiennent les excédents d'eau d'irrigation qui sont parfois réutilisés par les populations ou rejetés dans la nature sans aucun traitement (FAO, 2015). À cela s'ajoute la mauvaise gestion (le gaspillage) des réseaux d'irrigation, notamment à l'Office du Niger, entraînant d'énormes pertes d'eau (Dicko *et al.*, 2007; AEDD, 2012). Rappelons que pour contrôler les crues, développer l'irrigation, et produire de l'hydroélectricité (Zare, 2015), des barrages ont été construits sur les fleuves Sénégal et Niger et de vastes superficies agricoles ont été aménagées (55 000 ha à Sélingué, et de 180 000 ha à l'Office du Niger) (Berthe et Kone, 2008). Mais, force est de reconnaître que ces types d'ouvrages hydrauliques ont des répercussions négatives sur les zones humides naturelles (Odada *et al.*, 2006; Dicko *et al.*, 2007; Junk *et al.*, 2013; Zare, 2015).

Une autre menace potentielle concerne les activités minières qui peuvent toucher les zones humides situées à proximité des sites miniers. Les zones humides étant naturellement de basse altitude par rapport aux alentours, certains produits chimiques extrêmement toxiques comme le cyanure, utilisés dans l'exploitation de l'or, peuvent s'y déverser (Dicko *et al.*, 2007).

• Les facteurs naturels

La détérioration de l'état des zones humides au Mali est aussi liée à un contexte naturel qui n'est pas toujours favorable. Pays sahélien, le Mali est doté de ressources en eau qui sont hautement dépendantes des précipitations (OSS/MEA, 2013). Déjà, les sécheresses des décennies 1970 et 1980 ont montré la vulnérabilité des hydrosystèmes

sahéliens face aux changements climatiques car elles ont fait baisser les débits moyens des grands fleuves et réduit la superficie des lacs ouest-africains (Niasse *et al.*, 2004). Le débit du fleuve Niger a drastiquement baissé à « un niveau jamais atteint » (Andersen *et al.*, 2006). Entre 1971 et 1989, le débit du fleuve Niger a diminué de 30% et celui du fleuve Sénégal d'environ 60% (ECOWAS-SWAC/OECD, 2008). Cette baisse de débits a entraîné la réduction de la superficie des zones humides naturelles, à l'image du delta intérieur du Niger dont la superficie a baissé de 22.000 km² entre 1950 et 1990 (Niasse *et al.*, 2004). Aussi, la baisse du niveau d'écoulement des cours d'eau associée à la mauvaise qualité des eaux (l'eutrophisation) a contribué à la prolifération des végétaux envahissants, entravant la pêche, la navigation, et les travaux agricoles. Au Mali, les espèces de plantes envahissantes sont entre autres la fougère d'eau (*Salvinia molesta*), la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), et la quenouille (*Typha australis*) (Berthe et Kone, 2008 ; Niasse *et al.*, 2004).

Un autre phénomène naturel qui menace les zones humides maliennes est l'ensablement de leur assiette et/ou de leurs chenaux d'alimentation, spécifiquement dans le nord du pays (partie désertique du pays). Ce phénomène menace dangereusement de nombreux lacs et mares dans les régions de Gao et de Tombouctou (Dicko *et al.*, 2007). Il s'agit entre autres des lacs Faguibine et Horo, la mare de Gossi dans la région de Tombouctou ; des mares d'Andéramboukane, de Tin Hama, Bangu Beerri, le marigot d'Adernamel dans la région de Gao. Quant au lac Niangaye, il a complètement disparu.

En outre, l'évaporation contribue à la perte d'eau dans les zones humides maliennes. Dans le delta intérieur du Niger, par exemple, les pertes annuelles d'eau sont estimées à environ 25 km³ entre l'entrée du Delta (à Ké Macina/Douna) et la sortie (à Diré), soit 44 à 50% des entrées (OSS/MEA, 2013; Andersen *et al.*, 2006).

Plus au sud du pays, en zone sahélienne et soudanienne, on assiste à d'autres formes de dégradation des zones humides telles que l'envasement et la dégradation des berges due à l'érosion hydrique et au piétinement d'animaux (Dicko *et al.*, 2007). C'est le cas du lac Wégna dans la région de Koulikoro, d'après les riverains, où nous avons enquêté en avril et

mai 2018. Or, l'effondrement des berges et l'envasement des cours d'eau, qui sont la résultante de la dégradation des bassins versants, réduisent les services écosystémiques des zones humides (Berthe et Kone, 2008).

- **Les limites à l'application de la convention Ramsar au Mali**

Selon le rapport national 2018 sur les zones humides au Mali, un certain nombre de difficultés se posent à l'application effective de la Convention Ramsar: 1) la situation d'insécurité qui prédomine dans certains sites Ramsar et autres zones humides; 2) les difficultés à répertorier des zones humides afin de les ériger en site Ramsar, faute de moyens; 3) la multiplicité des acteurs et des usages concurrents autour des sites Ramsar et d'autres zones humides donnant lieu parfois à des conflits et une utilisation non judicieuse des ressources; 4) la faible capacité financière des collectivités locales qui n'arrivent pas à jouer pleinement leur rôle dans la gestion des zones humides. À cette pression humaine s'ajoute la pression climatique.

D'autres limites à l'application des dispositions de la convention de Ramsar demeurent :

- ✓ La non-évaluation de la gestion des sites. En effet, si trois sites Ramsar sur les quatre disposent d'un plan de gestion opérationnel, aucune évaluation de leur efficacité n'a jamais été réalisée.
- ✓ La non-actualisation de la politique nationale et du plan d'action national des zones humides. En fait, ces textes doivent être actualisés conformément au Plan stratégique Ramsar 2016-2024.

En prenant l'exemple sur la zone humide du lac Wégna, objet de la présente étude, on remarque qu'il se dégrade au fil des années en dépit de son statut de site Ramsar (statut acquis depuis 2013). Son potentiel halieutique s'est réduit de façon drastique, la faune est en voie de disparition, les berges sont dégradées du fait de l'érosion hydrique et du piétinement des animaux, la surface en eau s'est rétrécie et sa capacité de stockage de l'eau s'est affaiblie du fait de l'envasement de son lit (Assemblée régionale de Koulikoro, 2012). De plus, avec les effets des changements climatiques actuels et/ou attendus, cette dégradation pourrait s'accélérer et conduire à la disparition de ce lac. Si cela se produisait,

les riverains seraient privés de leur précieuse ressource naturelle et leur vulnérabilité pourrait augmenter. Il faut donc une gestion appropriée prenant en compte l'incertitude écologique afin d'assurer la durabilité de ce lac dans un contexte de changements climatiques.

En conclusion, nous notons que les zones humides du Mali sont sous l'influence de menaces diverses. La pollution des eaux de surface par les eaux usées et les déchets domestiques, les effluents industriels, les activités agricoles et minières, les sécheresses, l'envasement/ensablement, l'évaporation des eaux de surface, etc. sont autant de facteurs qui affectent les zones humides du Mali. Il n'est pas exclu que certains de ces facteurs soient davantage accentués dans un contexte de changements climatiques. En plus de cela, les zones humides sont devenues des lieux de convergence et de concentration des humains et leurs animaux depuis les sécheresses des années 1970 et 1980 (OSS, 2015). La convention Ramsar, qui vise la conservation et la gestion rationnelle des zones humides, a montré des limites dans son application sur le terrain. Et il est difficile de savoir si les plans de gestion des Sites Ramsar mis en œuvre sont pertinents ou non, puisqu'ils n'ont jamais été évalués.

Face à ces problèmes, et considérant l'incertitude liée à un système socioécologique évolutif, il est nécessaire de penser à d'autres modes de gestion des zones humides. C'est pourquoi nous avons privilégié dans cette étude une approche de gestion souple et adaptée à l'incertitude écologique, impliquant la participation effective des communautés locales et tenant compte de leur savoir traditionnel. Il s'agit de l'approche de la « *gestion adaptative* ».

DEUXIÈME PARTIE :

LA GESTION ADAPTATIVE DU LAC WÉGNIA : UNE RÉPONSE À LA VULNÉRABILITÉ DES POPULATIONS RIVERAINES FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Outil de gestion des ressources naturelles face à l'incertitude (Rist *et al.*, 2013), la gestion adaptative, telle que nous l'entendons ici, est conçue et mise en œuvre avec les populations riveraines du lac Wégna en privilégiant leur savoir écologique traditionnel. Cette prise de position s'appuie sur la conviction que les populations autochtones, ayant vécu depuis très longtemps à proximité des ressources naturelles et confrontées depuis des siècles à des environnements en perpétuelle mutation, sont les premières à identifier les changements et élaborer une gamme variée de stratégies pour s'y adapter (Gendreau *et al.*, 2012). Partant de ce principe et en s'inspirant des auteurs comme Holling (1978), Walters et Holling (1990), Salafsky et ses collaborateurs (2001), Cordonnier et Gosselin (2009), Williams (2011), DEC (2012), Rist et ses collaborateurs (2013), le processus de planification de la gestion adaptative du lac Wégna s'articule autour de 4 phases (figure 17):

- La conception (design);
- La mise en œuvre d'un plan d'action;
- Le suivi des activités mises en œuvre; enfin,
- L'évaluation du plan d'action et son ajustement en fonction des leçons apprises au fil du processus.

Notons que chacune de ces étapes fera l'objet d'un chapitre, mis à part la phase de mise en œuvre et de suivi du plan d'action qui seront regroupées dans un seul chapitre. Aussi, la méthodologie sur laquelle repose chaque phase sera exposée.

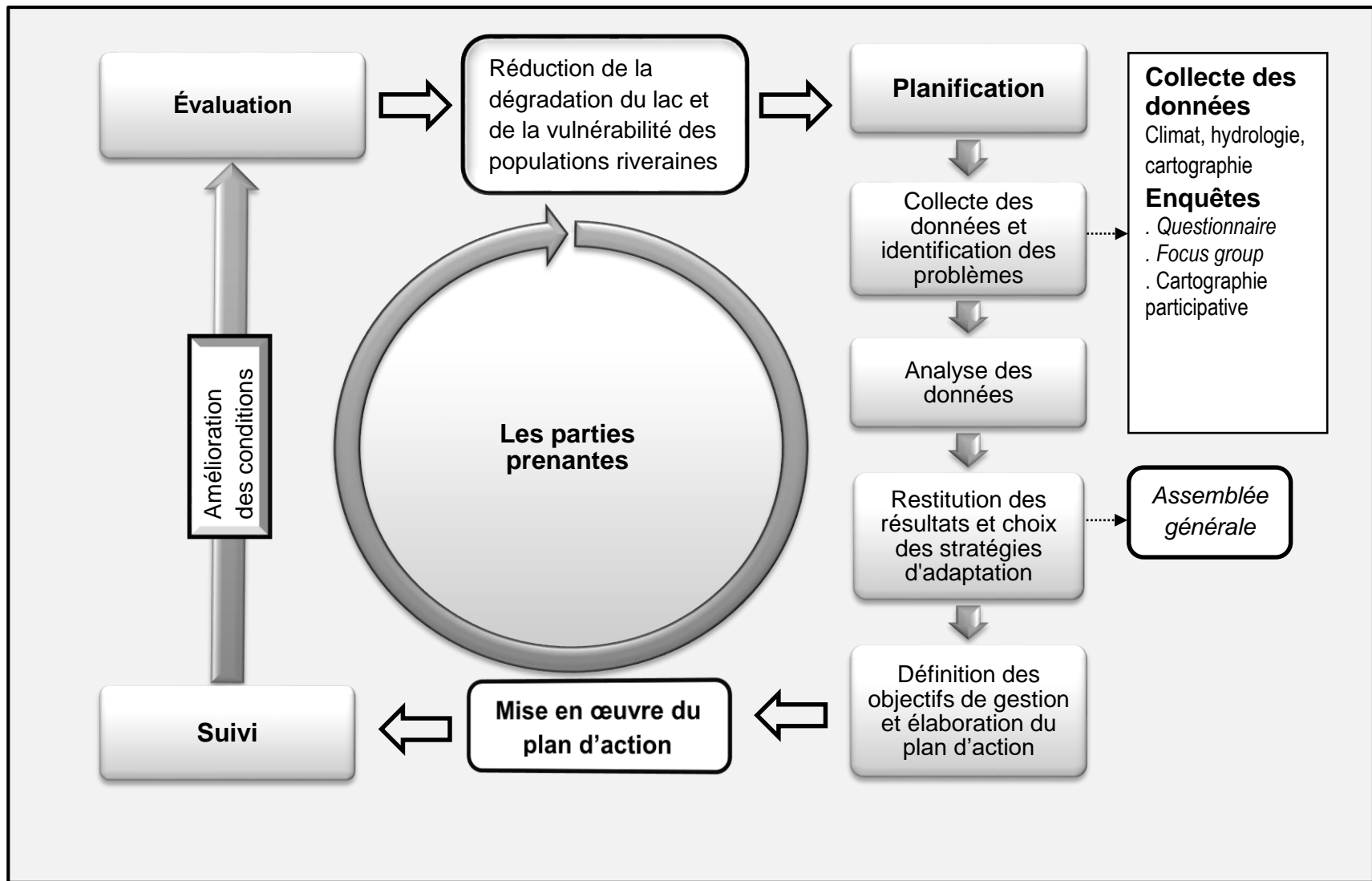


Figure 17. Les étapes du processus de la gestion adaptative du lac Wégénia (Source : compilation d'auteurs).

Chapitre 5. Méthodologie

Le processus de la gestion adaptative du lac Wégna, dans sa phase de conception, s'appuie sur une approche méthodologique qui s'articule autour de quelques étapes clés. Il s'agit de: la collecte des données sur le terrain, le traitement et l'analyse de ces données au bureau, la restitution des résultats aux populations concernées, le choix des meilleures options d'adaptations, et l'élaboration d'un plan d'action. Nous présentons dans un premier temps la nature des données collectées, les dispositifs de collecte et les méthodes d'échantillonnage choisies; et dans un deuxième temps, les traitements appliqués aux données ainsi collectées. Ensuite, les résultats issus de l'analyse des données sont présentés, et les meilleures options ou stratégies (activités) pour la conservation du lac Wégna dans un contexte d'incertitude écologique en lien avec les changements climatiques sont exposés. Puis, les options dont nous pouvons supporter les coûts de réalisation et dont la pertinence et l'applicabilité respectent les principes de la gestion adaptative (d'après Rist *et al.*, 2013) sont décrites. Enfin, le plan d'action, élaboré à partir des options retenues, est présenté. Mais, commençons tout d'abord par situer la zone d'étude dans son contexte géographique.

5.1. Situation géographique de la zone d'étude

Le lac Wégna est situé dans la commune rurale de Guihoyo, cercle de Kolokani, région de Koulikoro, au Mali. Il se localise à 13°18' de latitude Nord et 8°08' de longitude Ouest. Il forme un système complexe de zone humide constitué de deux plans d'eau, Wégna et Kononi, qui sont reliés entre eux par une dépression naturelle (figure 18). Il mesure 3,5 km de long et 600 m de large en saison sèche, et 20 km de long et 1 km de large en saison des pluies (Coulibaly *et al.*, 2011). L'altitude du relief à l'échelle de la commune de Guihoyo varie entre 452 m et 287 m (voir carte la carte à l'annexe). Avec une pluviométrie variant entre 600 et 900 mm par an, des températures moyennes fluctuant entre 16°C et 42°C selon les saisons, la zone humide du lac Wégna se situe dans le climat soudanien nord, à la lisière du Sahel (Dicko *et al.*, 2007).

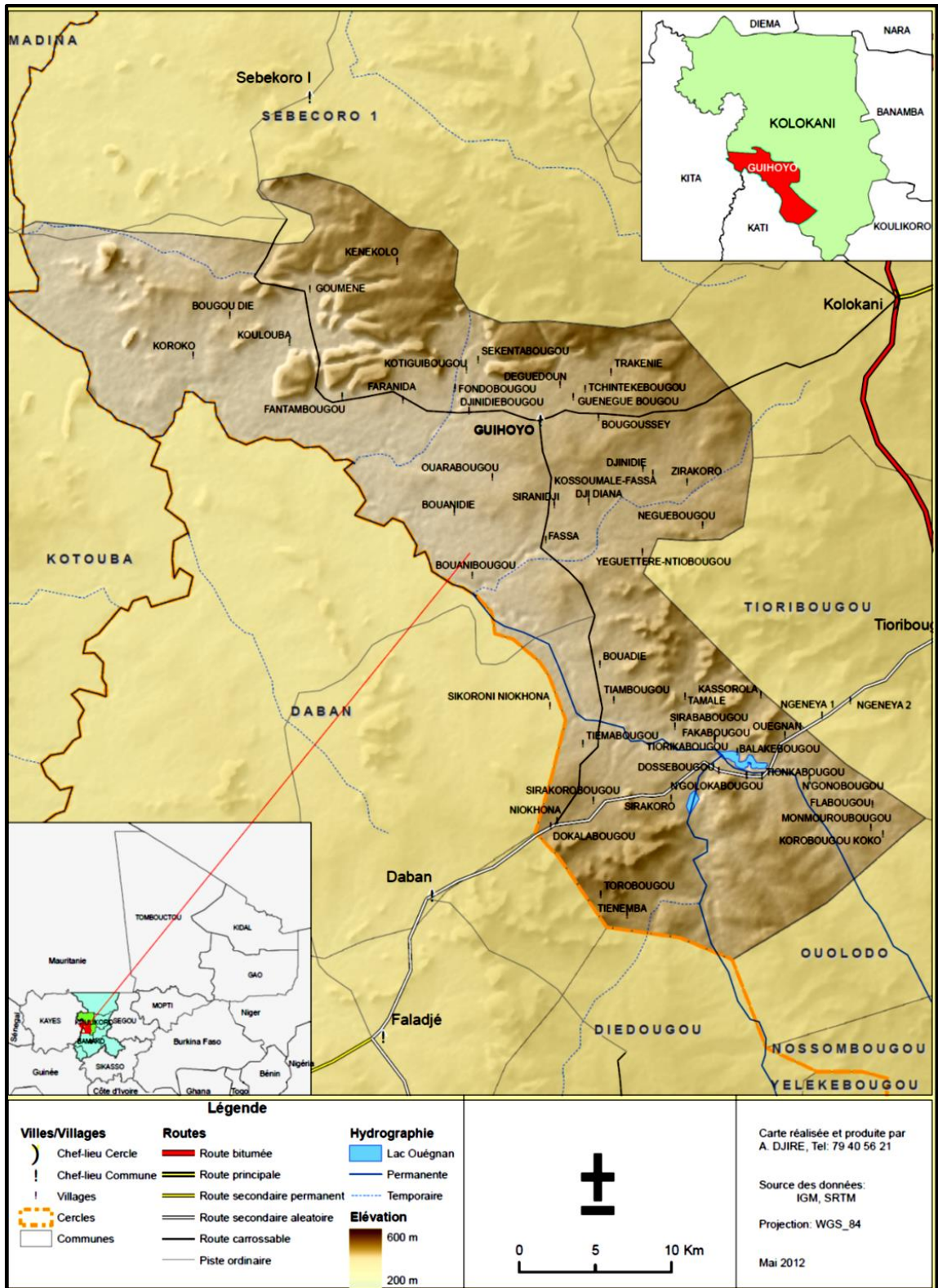


Figure 18. Carte de la commune de Guihoyo : traits physiques et localisation du lac Wégna, réalisée par Djiré (2012).

5.2. La collecte des données

Deux catégories de données ont été collectées pour répondre aux besoins de cette première phase. Il s'agit des données secondaires portant sur les données climatiques, hydrologiques et cartographiques, et les données primaires (de terrain) acquises à l'aide d'enquêtes auprès des populations locales concernées.

5.2.1. Les données secondaires

5.2.1.1. Les données climatiques

Les données climatiques recueillies portent sur la pluviométrie et les températures. Les données pluviométriques ont été acquises auprès de la direction nationale de la météorologie du Mali. Ces données pluviométriques n'étant pas disponibles pour la zone d'étude, nous avons utilisé celles de la localité la plus proche, c'est-à-dire la ville de Kolokani (située à une quarantaine de kilomètres de la zone d'étude). Mais, cette ville ne dispose pas non plus de données de températures. Par conséquent, nous avons décidé d'utiliser les données de températures disponibles sur le portail de connaissances sur les changements climatiques (climateknowledgeportal.worldbank.org). Ce portail utilise les données d'observation disponibles à l'échelle mondiale fournies par l'unité de recherche sur le climat (*Climate Research Unit, CRU*) de l'Université d'East Anglia. Cette unité de recherche fournit des données de température et de précipitations de qualité qui sont largement acceptées comme des données de référence dans la recherche climatique (Harris *et al.*, 2014).

L'analyse de chacun des deux paramètres climatiques (pluie et températures) est basée sur une série climatologique de 46 années d'observations, allant de 1970 à 2016. Une série climatologique est « tout échantillon réunissant des valeurs climatologiques à raison d'une valeur pour chaque année de la série d'observations étudiée » (Thom et Arléry, 1972, p. 1). La longueur de cette série (46 ans) est conforme à la normale trentenaire de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM). Selon cette institution, citée par Bessemoulin et Boucher (2002 p. 37), les normales sont des « moyennes temporelles

portant sur des périodes uniformes et relativement longues comprenant au moins trois périodes consécutives de dix ans ».

L'analyse de ces deux variables vise à connaître les caractéristiques de la zone d'étude au plan climatique et analyser leur impact sur le lac Wégna, qui est tributaire des eaux pluviales que son bassin reçoit et de la température qui y règne.

5.2.1.2. Les données hydrologiques

Pour ce qui concerne les données hydrologiques, bien que des limnimètres (échelle limnimétrique classique) soient encore visibles sur les bordures nord du lac Wégna, nous n'avons pu obtenir que quelques données fragmentaires auprès de la direction nationale de l'hydraulique du Mali. Il s'agit des données portant sur les hauteurs d'eau du lac en période de crue (mois d'août) sur six années d'observation (1999, 2000, 2001, 2002, 2003 et 2010), et en période d'étiage (mois de mai) sur quatre années d'observation (2003, 2004, 2005 et 2010). Ces données ont permis de construire le limnigramme de crue et d'étiage de ce lac et d'analyser les fluctuations du niveau d'eau au cours de l'année.

5.2.1.3. Les données cartographiques

Les données cartographiques ont contribué à la production de différentes cartes thématiques. Ainsi, grâce aux relevés GPS sur le terrain, aux cartes topographiques fournies par l'Institut Géographique du Mali (IGM), et aux images satellites Landsat, nous avons produit différentes cartes au nombre desquelles nous avons les cartes d'occupation du sol. L'élaboration des cartes d'occupation du sol a pour objectif d'analyser la dynamique spatio-temporelle du milieu étudié (la zone humide du lac Wégna) d'une part, et d'analyser ses impacts sur le lac et son bassin versant, d'autre part. Mieux, il s'agit aussi d'explorer les pistes de solution dans la perspective d'une meilleure gestion de ce lac. Vu l'importance de ces cartes d'occupation pour cette étude, nous allons fournir plus de détails sur la méthode choisie pour leur conception.

En effet, la production des cartes d'occupation du sol a nécessité l'utilisation des données de la télédétection (images satellites, tableau 4) et un système d'information

géographique (SIG). La télédétection satellitaire a la particularité de fournir des informations sur la couverture du sol en fonction du temps (Garouani *et al.* 2008). Cette couverture du sol, qui change en fonction du temps, constitue un bon indicateur de la dynamique de la surface terrestre qui résulte de divers facteurs. Elle permet de déceler facilement l'intervention de l'homme sur le territoire (Mas, 2000; Di Gregorio, 2016). Nous avons donc utilisé 3 images satellites de type Landsat : Landsat MSS 1972, Landsat ETM 2000, et Landsat OLI-TIRS 2018 (tableau 4). Il s'agit d'une période d'évolution de l'état du paysage s'étalant sur 46 ans (1972-2018). Ces différentes images ont permis d'étudier l'évolution de l'occupation du sol à travers 05 classes d'occupation du sol que sont : les sols nus, la forêt-galerie, l'eau libre, les savanes (savane arborée et savane arbustive) et les zones d'eau temporaires.

En vue de faciliter l'analyse de l'occupation du sol de la zone humide du lac Wégna, nous avons délimité un espace centré sur le lac Wégna (figure 19). Les dimensions de cet espace sont les suivants : longueur : 20,411 km, largeur : 15,331 km ; soit une superficie de 312,921 km² (31292 hectares) et un périmètre de 71,484 km. Au lieu de cet espace, nous aurions pu choisir aussi l'ensemble du bassin versant du lac Wégna, mais il nous aurait été difficile de vérifier toutes les informations issues des images satellites sur le terrain à cause de la vaste étendue de ce bassin et de nos moyens limités. C'est pourquoi nous avons choisi un périmètre focalisé sur le lac et ses alentours et dont l'étendue, relativement restreinte, nous permet de valider facilement les résultats du traitement d'images sur le terrain. Mieux, cet espace inclus tous les villages faisant partie de notre échantillon et qui peuvent être réellement appelés des villages riverains du lac Wégna.

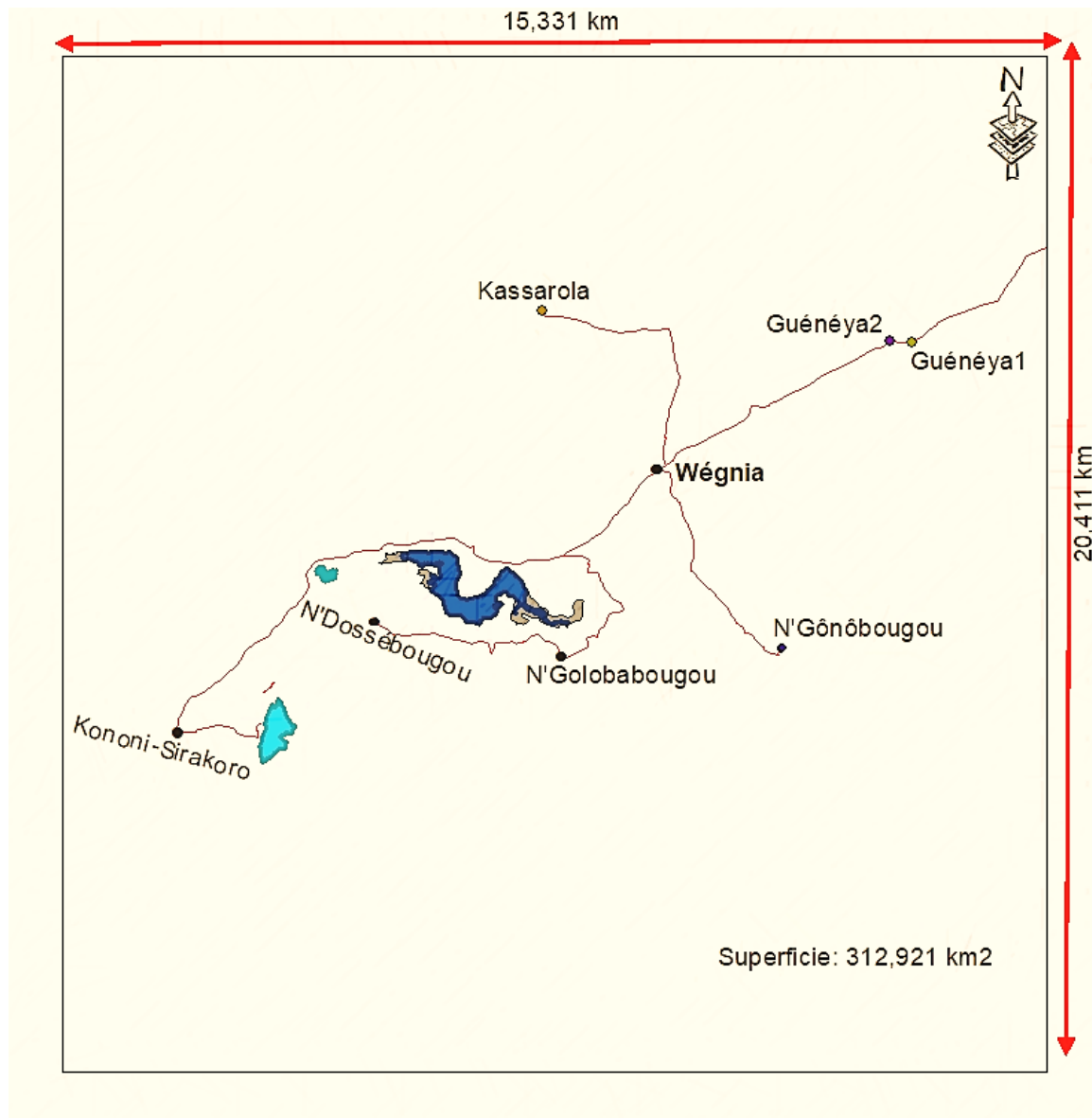


Figure 19. Délimitation de la zone centrée sur le lac Wégnia (source : SRI, Landsat 5 MSS_1984)

Les images ainsi choisies sont des images qui ont été prises au cours du mois de décembre (Tableau 4). Cette période de l'année correspond, dans les régions sahéniennes, à l'état du couvert végétal juste après la saison des pluies (Sarr, 2009). À ce moment, les herbacées rentrent dans un état de jaunissement. Elles sont donc très pauvres en chlorophylles et en eau, et ne risquent pas d'être confondues avec les espèces ligneuses qui conservent un feuillage vert. En outre, le choix de cette saison se justifie par le fait

que la comparaison de deux images demande qu'elles soient acquises à la même saison (Laffly, 1993). Le même auteur, à titre d'exemple, différencie le printemps où il y a une confusion entre les « objets verts » en raison de l'importance de l'activité chlorophyllienne et l'été où les stades phénologiques des plantes sont plus variés et les images plus claires et diversifiées.

Les critères de choix d'images étant définis, nous avons exécuté la recherche sur le site de Landsat⁶. Les scènes qui intéressent la zone d'étude ont été localisées (199/51 et 214/51), puis une requête a été réalisée sur ce site afin de télécharger les images pour les dates choisies.

Tableau 4. Les caractéristiques des images satellites utilisées

Dates d'acquisition	Capteur	Nombre de bandes	Résolution	Projection
05/12/1972	Landsat-1 MSS	7	60 m	UTM WGS84
30/12/2000	Landsat-7 ETM	9	30 m	UTM WGS84
08/12/2018	Landsat-8 OLI- TIRS	11	30 m	UTM WGS84

Source : <https://landsat.usgs.gov>

- MSS: Multi Spectral Scanner

- TM: Thematic Mapper

- OLI- TIRS: Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor

5.2.2. La collecte des données de terrain

Trois séjours ont été nécessaires pour récolter des données sur le terrain. Pendant ces séjours, des données quantitatives et qualitatives ont été colligées grâce à la conception et à l'utilisation d'un ensemble d'instruments de collecte complémentaires.

⁶ <http://landsat.usgs.gov/>; lien d'acquisition des données : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

5.2.2.1. La recherche-action : cadre d'intervention de cette recherche

Avant le démarrage de nos enquêtes, il a été expliqué aux populations concernées, au cours d'une assemblée générale tenue dans chacun des deux villages (Wégna et Kononi-Sirakoro), les objectifs et les implications de notre projet de recherche ainsi que ses spécificités méthodologiques. Il s'agissait de contextualiser notre intervention, qui s'inscrit dans la recherche-action et dans un cadre strictement académique, et qui ne devrait pas être confondue avec d'autres projets portés souvent par les organisations non gouvernementales (ONG) ou l'État du Mali. Nous allons donc définir la notion de recherche-action et dégager quelques-unes de ses caractéristiques afin de mieux clarifier notre posture vis-à-vis des acteurs locaux concernés.

La recherche-action est une approche qui privilégie l'action comme étant capable de générer des connaissances scientifiques utiles pour comprendre et changer la réalité sociale des individus et des systèmes sociaux (Prévost et Roy, 2015). Ainsi, elle poursuit deux objectifs : le changement réel dans le système social et la production de connaissances sur ce système social (Allard-Poesi & Perret, 2003). Un certain nombre de caractéristiques peuvent la définir (Prévost et Roy, 2015):

- a) La recherche-action est réalisée avec les gens plutôt que sur les gens ;
- b) La recherche-action s'inscrit dans l'action, dans la nécessité d'agir pour changer les choses plutôt que dans un cadre conceptuel ou une méthodologie ;
- c) La recherche-action emprunte une voie cyclique plutôt que linéaire.

5.2.2.2. Le premier séjour

Le premier séjour sur le terrain, du 20 juin au 25 août 2017, était un séjour à vocation exploratoire. Il nous a permis d'observer l'état du lac et de prendre connaissance du type de gestion dont il fait l'objet. Il fut l'occasion de rencontrer quelques experts intervenants dans le domaine de la gestion environnementale (secteur des eaux et forêts, de l'agriculture, etc.). Les autorités traditionnelles, les responsables municipaux et certains professionnels (agro-éleveurs) ont également été interviewés, ce qui nous a

permis d'identifier les parties prenantes et les intervenants/acteurs locaux, et de comprendre les intérêts potentiels en jeu quant à l'usage et à la gouvernance du lac Wégna. Nous entendons par "parties prenantes" tous les acteurs clés qui ont un pouvoir de décision concernant la gestion du lac Wégna. Quant aux "intervenants locaux", il s'agit des utilisateurs directs des ressources du lac, soit le reste de la population. Par ailleurs, quelques données (données hydro-climatiques) sur la zone d'étude ont été recueillies. Enfin, ce séjour nous a permis de comprendre globalement l'organisation sociopolitique et culturelle du milieu étudié à travers, non seulement, nos entretiens auprès des autorités traditionnelles et d'autres personnes-ressources, mais aussi à travers nos recherches bibliographiques (notamment à la bibliothèque nationale de Bamako). En bref, la première visite de terrain a contribué à préparer nos futures interventions.

5.2.2.3. Le deuxième séjour sur le terrain

Le deuxième séjour sur le terrain, qui s'est déroulé d'avril à mai 2018, a concerné les enquêtes. Celles-ci avaient pour objectif de : (1) comprendre la situation du bassin du lac Wégna ; (2) étudier les interactions entre le lac Wégna et les populations riveraines ; (3) analyser la vulnérabilité des ressources naturelles de la zone d'étude et (4) analyser la vulnérabilité des moyens de subsistance desdites populations face aux changements climatiques ainsi que leurs stratégies d'adaptation.

5.2.2.4. Troisième séjour sur le terrain

Le troisième séjour a eu lieu en juillet 2018 et portait sur la restitution aux populations concernées par l'étude des résultats issus de l'analyse des données d'enquêtes. Une assemblée générale villageoise, regroupant les parties prenantes, les acteurs locaux et un représentant de l'ONG Association malienne pour la protection de l'environnement et de la faune (AMPEF), a servi de cadre pour cette restitution. Les résultats ont été transmis à l'oral aux participants afin de leur permettre d'interagir, non seulement, entre eux, mais avec nous aussi. Le but était de valider les résultats auxquels nous étions parvenus et d'obtenir de nouvelles informations, si possible. D'après Krief et Zardet (2013), c'est l'occasion où les acteurs de terrain et le chercheur deviennent

partenaires dans l'action et «coproducteurs de connaissances». Ce dernier aspect est d'autant plus important que cette étude privilégie, intentionnellement et méthodologiquement, le savoir écologique traditionnel des communautés locales. Au cours de cette assemblée, la situation générale des ressources naturelles (dont celle du lac Wégna et du lac Kononi) et les menaces qui y pèsent ont été exposées, discutées et amendées. Une liste de meilleures options d'adaptation aux changements climatiques a été proposée, amendée et adoptée. Finalement, l'équipe devant appuyer la mise en œuvre des mesures d'adaptation a été présentée aux participants.

5.3. Les outils de collecte des données et la méthode d'échantillonnage

Un ensemble d'outils complémentaires ont permis la récolte des données de terrain: le guide d'entretien, le questionnaire, le groupe de discussion, la cartographie participative, et l'observation directe libre. Ces dispositifs ont été choisis dans la perspective d'avoir des données variées, riches et complètes sur la base de leur triangulation. Nos enquêtes ont débuté par des entretiens individuels (guide d'entretien) et l'administration du questionnaire. Elles se sont poursuivies avec les entretiens de groupe (le groupe de discussion et la cartographie participative). Quant à l'observation directe, elle a été effectuée tout au long de la durée des enquêtes.

Rappelons que, si nos enquêtes ont touché les villages riverains des lacs Wégna et Kononi, notamment pour l'administration du questionnaire, l'essentiel de ces enquêtes a eu lieu dans deux villages : *Wégna* et *Kononi-Sirakoro*. Pourquoi avons-nous choisi ces deux villages? Expliquons les raisons qui ont présidé à leur choix, avant de revenir sur les dispositifs de collecte des données et les méthodes d'échantillonnage.

5.3.1. Choix des villages pour les enquêtes

Le choix des villages de Wégna et Kononi-Sirakoro, où ont été menées la plupart de nos enquêtes, a été motivé par des considérations d'ordre géographique, démographique et politique. Au départ, la question était de savoir dans quels villages nos enquêtes seraient réalisées aux fins d'obtenir des résultats pertinents qui répondront aux objectifs

de cette étude. Par la suite, sur la base de certaines réalités concrètes, le choix a été porté sur les villages situés dans un rayon de 2 à 10 km environ autour du lac Wégna et dont les populations utilisent directement les services écosystémiques de ce lac pour satisfaire leurs besoins. Rappelons qu'un village se définit au Mali comme « un ensemble de concessions regroupées sur un espace géographique donné et qui abritent des ménages dépendant d'une même autorité locale ou chefferie. » (INSTAT-Mali, 2013, p. iii).

Sur la base de ces critères, nous avons dénombré une dizaine de villages. Cependant, tous ces villages ne sont pas de grands villages et certains ne figurent même pas sur la liste des villages élaborée lors du recensement général de la population et de l'habitat de 2009 par l'Institut National de la Statistique du Mali. Selon nos enquêtes, ce sont généralement des hameaux qui, créés pour diverses raisons, sont politiquement rattachés soit à Wégna, soit à Kononi-Sirakoro. Ces deux villages sont respectivement proches du lac Wégna et du lac Kononi. Ils détiennent aussi une certaine autorité liée à l'antériorité de leur création (fondation) qui leur confère un droit traditionnel sur certains domaines. Par exemple, le lac Wégna relève du domaine territorial de Wégna et le lac Kononi se situe sur la terre du village de Sirakoro. Par conséquent, ces deux villages disposent d'une réelle influence politique sur les autres villages ou hameaux. La figure 20 présente la situation géographique des villages riverains du lac Wégna et la date approximative de la création de certains d'entre eux. Les villages sur la carte qui ne portent pas de date sont ceux dont les autorités traditionnelles n'ont pas été à mesure de se souvenir de la date de création de leur village, même par estimation.

Au plan démographique, et selon le dernier recensement de la population, Wégna compte 207 ménages pour 1534 habitants et Sirakoro-Kononi, 205 ménages pour 1388 habitants (INSTAT-Mali, 2013). La population des deux villages réunie représente 13,57 % de l'ensemble de la population de la commune de Guihoyo (21531 habitants), selon la même source.

Ainsi, proximité géographique par rapport aux lacs, poids démographique et influence politique sont des facteurs qui ont pesé dans le choix des deux villages. Les habitants des

autres villages ou hameaux étaient invités à envoyer des représentants pour participer à nos enquêtes et ce, en fonction des choix méthodologiques opérés. Toutefois, la réalisation d'une partie de l'enquête, celle relative à l'administration des questionnaires, nous a amenés à sillonner la quasi-totalité des villages riverains pour rejoindre les participants inclus dans notre échantillon.

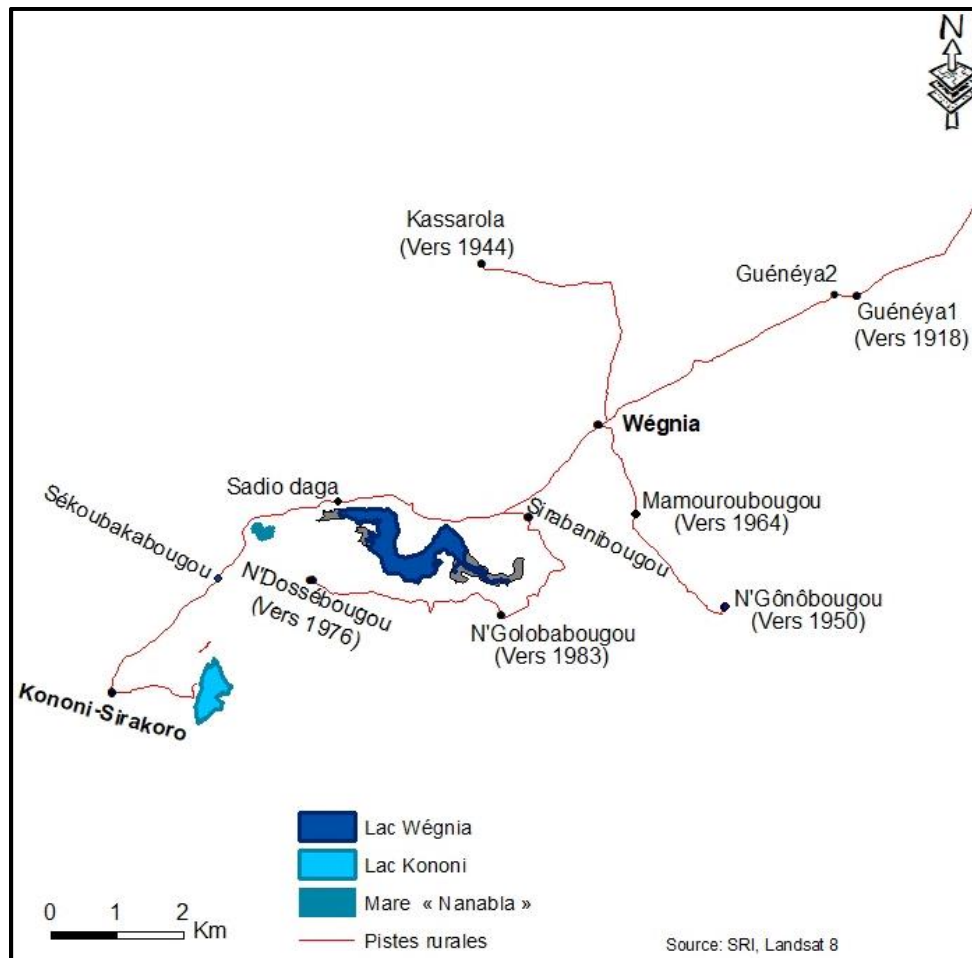


Figure 20. Les villages riverains du lac Wégnia et leur date approximative de création (source : SRI, 2017 ; Landsat 8)

5.3.2. Le guide d'entretien et le questionnaire

Le guide d'entretien était adressé aux responsables des services techniques concernés par la gestion des ressources naturelles dans le cercle de Kolokani (entité

administrative de laquelle relève la zone d'étude). Il était articulé autour de la dynamique de la dégradation du lac Wégnia, des initiatives (passées ou en cours) de gestion de ce lac et des questions de gestion des ressources naturelles dans l'ensemble du cercle dans un contexte marqué par la variabilité et les changements climatiques. Quant au questionnaire, il était destiné aux chefs de ménage des deux villages (Wégnia et Kononi-Sirakoro). Il se structurait autour des aspects suivants: les usages du lac Wégnia; les causes et les conséquences de sa dégradation ainsi que les pistes de solution; les manifestations des changements climatiques dans la zone d'étude, la vulnérabilité des populations riveraines du lac Wégnia et leurs stratégies d'adaptation.

Pour la constitution de l'échantillon, dont la taille a été fixée à 100, nous avons adopté la technique d'échantillonnage aléatoire simple, inspirée de Formarier (1992). Pour ce faire, la liste des chefs de ménage a été établie pour chaque village: Wégnia, 134 chefs de ménage ; et Kononi-Sirakoro, 54 chefs de ménage. Ensuite, chaque liste a été numérotée de 1 à N ; N étant l'effectif total des chefs de ménage. Enfin, le nombre de personnes à enquêter dans chacun des deux villages a été évalué proportionnellement à son effectif, soit 71 personnes à Wégnia et 29 personnes à Kononi-Sirakoro pour un effectif total de 100 personnes. Ces dernières, dont les noms ont été tirés au hasard, ont répondu à notre questionnaire.

5.3.3. Les entretiens de groupe

Les entretiens de groupe étaient basés sur deux techniques qualitatives de collecte de données, à savoir le groupe de discussion et la cartographie participative.

5.3.3.1. Le groupe de discussion

Le groupe de discussion est une technique qualitative ayant pour but de recueillir des discussions centrées sur des situations concrètes particulières, des sujets pertinents pour une recherche (Morgan, 1996). À cet égard, il est tourné vers la collecte d'informations et s'appuie sur un guide d'entretien, semi-directif ou non directif, pour susciter un débat d'opinions (Steward *et al.*, 2007, cité par Touré, 2010). Dans le cas de cette étude, quatre groupes de discussion spécifiques ont été constitués (Tableau 5). Ici,

la particularité est que ces groupes se réunissent au même moment, mais dans des lieux différents. Ce sont des salles de classe qui ont été utilisées à cet effet, soit un groupe de discussion par classe. Ensuite, le rapport de chaque groupe a été discuté et amendé en plénière. Le nombre de participants par groupe était compris entre 4 et 8 personnes. Le choix et la composition de ces groupes spécifiques répondent à un double objectif :

- Le premier objectif est d'analyser la vulnérabilité de chaque groupe face aux effets des changements climatiques en lui permettant d'énumérer ses principaux moyens de subsistance, les principales menaces qui les affectent et les stratégies d'adaptation mises en place pour y faire face. Les moyens de subsistance, activités produisant des biens ou des services afin d'assurer aux communautés les conditions de vie, peuvent être différents d'un groupe spécifique à un autre (Boureima *et al.*, 2012);

- Le deuxième objectif porte sur la création, d'après Baribeau (2009), d'un cadre où les participants se sentent à l'aise afin d'exprimer leur opinion et d'en discuter en toute sérénité. L'atmosphère au sein des groupes était d'autant plus détendue que dans chaque groupe, les participants partageaient certaines caractéristiques sociales semblables comme l'âge et le genre.

Par ailleurs, chaque groupe spécifique était animé par un facilitateur qui enregistrait systématiquement les entretiens à l'aide d'un dictaphone. Au nombre de 4, l'équipe de facilitateurs ou d'animateurs était composée de deux doctorants, d'un enseignant et du chercheur principal (moi-même). Les trois premiers facilitateurs (les deux doctorants plus l'enseignant) ont reçu une formation sur les techniques d'entretien avant le démarrage des enquêtes. Ils ont également signé un acte d'engagement en vue d'assurer la confidentialité des données auxquelles ils devraient avoir accès (voir l'annexe pour le formulaire d'engagement à la confidentialité). La langue nationale bambara, que nous parlons tous, a été utilisée pour mener les entretiens. Il convient de noter que notre connaissance de la culture locale, liée à notre appartenance à l'entité géographique et socioculturelle dans laquelle se situe la zone d'étude, a véritablement facilité les discussions, voire notre intégration au sein de la communauté concernée.

Pour le recrutement des participants, des critères axés sur la responsabilité et la représentativité ont été définis. En effet, chaque participant devrait être un acteur important, c'est-à-dire quelqu'un qui est reconnu pour son engagement dans le développement communautaire et chaque catégorie socioprofessionnelle devrait être représentée. Un autre critère qui a prévalu au choix des participants était la prise en compte de leur répartition par groupe spécifique. Ces modalités avaient pour finalité la production de données riches et diversifiées. Ainsi, sur la base de ces critères, nous avons sélectionné 24 participants à Wégna et 25 à Sirakoro (tableau 5). Pour y arriver, les autorités traditionnelles de chacun des deux villages ont été impliquées durant tout le processus. Les participants ont été informés par téléphone ou en faisant déplacer un émissaire. Toutefois, avant de commencer les entretiens, nous leur avons fourni tous les renseignements nécessaires sur le projet de recherche et sur ce qui est attendu de leur participation afin d'obtenir leur consentement verbal (voir l'annexe pour le feuillet d'information pour un consentement verbal).

Tableau 5. Répartition des participants par groupe spécifique à Wégna et Sirakoro

Groupes spécifiques	Tranches d'âge	Participants Wégna	Participants Sirakoro
Femmes adultes	> 40 ans	4	6
Hommes adultes	> 40 ans	11	6
Femmes jeunes	20 - 40 ans	4	5
Hommes jeunes	20 - 40 ans	5	8
Total		24	25

Source : nos enquêtes, avril-mai 2018

5.3.3.2. La cartographie participative

La cartographie participative est un dispositif de collecte de données visant à faciliter le dialogue entre diverses catégories d'acteurs (Burini, 2008). C'est une cartographie singulière qui, réalisée par les communautés locales pour représenter leur territoire, permet de produire des savoirs traditionnels et d'aborder certaines questions

qui échappent des enquêtes traditionnelles (Burini, 2013). Le caractère participatif de cette approche tient au fait qu'elle a recours au savoir et savoir-faire des populations locales et de tous les acteurs (Sufo Kankeu et Tiani, 2014). En plus de sa valeur cognitive, qui est extrêmement importante pour cette étude, nous l'avons choisie pour d'autres avantages reconnus par certains auteurs comme Palsky (2010) et (Burini, 2013): elle est non seulement pratique, mais aussi crédible, peu coûteuse, rapide et précise.

Dans le cadre de la présente étude, elle a été réalisée à la suite du groupe de discussion. C'est pourquoi les mêmes participants au groupe de discussion sont ceux qui ont pris part à l'atelier de cartographie participative en fusionnant tous les groupes dans une même salle de classe. Il s'agissait d'engager un dialogue entre plusieurs acteurs, aux expériences et appartenances sociales différentes, afin d'analyser la situation du bassin du lac Wégnia et d'identifier les principales menaces. Pour ce faire, il fallait établir, dans un premier temps, la carte de l'état des ressources villageoises à différentes périodes en insistant sur le cas des lac (Wégnia et Kononi). Et, dans un deuxième temps, il fallait identifier les manifestations des changements climatiques, leurs causes, leurs conséquences et les stratégies locales d'adaptation. Pour ce qui concerne les causes, les participants étaient invités à se prononcer sur l'origine de la manifestation, qui peut être soit naturelle, soit humaine.

La mise en œuvre de ce dispositif, qu'est la cartographie participative, demandait qu'un certain nombre de matériels soient disponibles: le papier padex, les feutres de différentes couleurs, le scotch, un appareil photographique et un dictaphone.

Au départ, un participant volontaire a été invité à passer devant pour la cartographie. Il bénéficiait en cela du concours des autres participants et de notre assistance technique. Il lui est demandé d'accomplir quelques tâches spécifiques: localiser le site du village sur le padex, tracer ensuite les routes, puis localiser les différentes ressources naturelles sur l'espace du terroir (figure 21). Ensuite, des questions sont posées sur les caractéristiques actuelles de ces ressources, les menaces réelles et potentielles qui y pèsent, et les solutions durables possibles. Partant de la situation actuelle des ressources, il fallait

remonter le temps en utilisant le vécu mémoriel des participants. Pour cela, on choisissait des dates connues telles que la chute du président Moussa Traoré en 1991, celle du président Modibo Keita en 1968 ou encore l'indépendance du Mali en 1960. Même si les participants n'avaient pas vécu les faits, d'après Boureima et ses collaborateurs (2012), ils peuvent puiser dans leur mémoire collective pour caractériser l'état des ressources. À chaque période, les participants discutaient de l'état des ressources naturelles, les facteurs qui sous-tendaient cet état et les avantages économiques et écologiques que tiraient les populations locales. Pendant que les discussions sont engagées autour de la carte ainsi dessinée, un des enquêteurs se charge de porter toutes les informations dans des tableaux élaborés avant la séance de cartographie (tableau 6). Cette méthode a permis aux participants de voir la dynamique spatiale et temporelle de leurs ressources et nous a permis également d'avoir des résultats cartographiques solides.

Tableau 6. Évolution de l'état des ressources villageoises (profil historique)

1	Ressources du village	Caractéristiques des ressources villageoises (<i>situation actuelle</i>)	Causes naturelles	Causes humaines
2	Ressources du village	Caractéristiques des ressources villageoises en 1991 (<i>l'année de la chute du président Moussa Traoré</i>)	Causes naturelles	Causes humaines
3	Ressources du village	Caractéristiques des ressources villageoises en 1960 (<i>l'année de l'indépendance du Mali</i>)	Causes naturelles	Causes humaines

Source : inspiré de Boureima *et al.*, (2012)

Les informations recueillies ont été validées sur le terrain à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) et avec le concours de deux acteurs locaux, reconnus pour leur connaissance de la zone d'étude (figure 21). Cet exercice a pour objectif d'établir une relation entre la carte plan réalisée par les communautés et les coordonnées réelles grâce

aux technologies spatiales (SIG, GPS, télédétection) (Sufo Kankeu et Tiani, 2014), ce qui permet de positionner les ressources, les objets ou les phénomènes à leur emplacement réel. Par exemple, on peut facilement remarquer sur la carte dessinée par les communautés locales que l'agencement des quatre points cardinaux ne correspond pas à celui connu dans la cartographie occidentale. Ici, le sud est à droite, le nord est à gauche, l'est en haut et l'ouest en bas (figure 21). Aussi, comme souligne Burini (2013), il n'y a pas d'échelle établissant un rapport entre les distances sur la carte et les mêmes distances correspondantes sur le terrain. Ainsi, après avoir relevé les coordonnées géographiques des différentes ressources naturelles des villages de Wégna et de Sirakoro, elles ont été transférées ensuite dans la cartographie informatisée pour en faire des cartes plus élaborées.

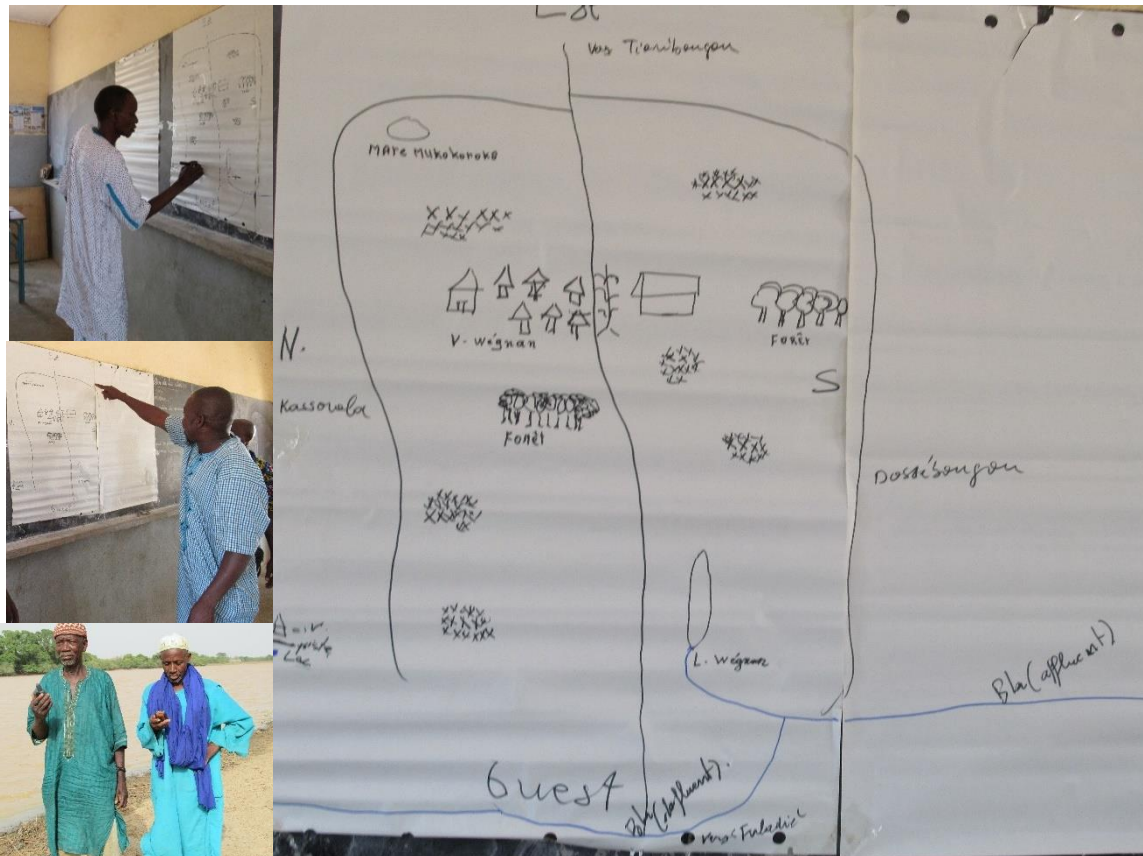


Figure 21. Carte réalisée par les participants à l'atelier de la cartographie participative. Les deux acteurs locaux, en bas et à gauche, tiennent, chacun, dans sa main un GPS (source : nos enquêtes avril-mai 2018).

5.3.4. L'observation directe libre

L'observation directe est un outil qui permet la perception immédiate des paysages à travers les sens de l'être humain, notamment la vue (Piveteau, 1973). Par ses cinq sens, l'être humain a une capacité d'observer plus large qu'un instrument matériel, dira Beaugrand (1988). Elle permet une vue d'ensemble (synoptique) d'un phénomène donné. Telle que définie, l'observation directe nous a permis de comprendre certains phénomènes physiques et pratiques sociales susceptibles d'affecter le lac Wégénia. Elle a contribué aussi à la compréhension des actions potentielles à mettre en œuvre en vue de réduire la dégradation de ce lac.

5.4. Le traitement des données

Différentes techniques ont été utilisées pour le traitement et l'analyse des données. À chaque type de données correspond une technique de traitement particulière.

5.4.1. Les données pluviométriques

Afin d'étudier l'évolution de la pluviométrie de la zone d'étude entre 1970 et 2016, nous avons appliqué la méthode de l'indice pluviométrique (IPS). Appelé *Standardized Precipitation Index (SPI)* en anglais, cet indice exprime la moyenne des cumuls pluviométriques saisonniers centrés et réduits calculés pour une saison donnée et une station donnée. Il permet de savoir si une année est excédentaire ($IPS > 0$) ou déficitaire ($IPS < 0$) (Ali *et al.*, 2008; Kouassi *et al.*, 2010), ce qui nous permet d'avoir une idée de l'impact de ces fluctuations sur les ressources en eau du lac Wégénia, lorsqu'on sait que ce lac est alimenté uniquement par les eaux pluviales. L'indice de la pluie interannuelle, variable centrée réduite, s'exprime par la formule suivante (Servat *et al.*, 1998) :

$I_p = (X_i - X) / S$; avec :

- X_i = valeur de la pluviométrie étudiée de l'année i ,
- X = valeur moyenne interannuelle de la pluviométrie sur la période étudiée,
- S = Valeur interannuelle de l'écart-type de la pluviométrie sur la période étudiée.

Le traitement des données pluviométriques et leur présentation sous forme graphique ont été faits à l'aide de l'outil informatique Excel.

5.4.2. Les données hydrologiques

Les données limnimétriques acquises auprès de la direction nationale de l'hydraulique du Mali ont été traitées à l'aide du logiciel Excel en vue d'élaborer les limnigrammes de crue et d'étiage du lac Wégna. Les limnigrammes ont pour avantage de présenter les fluctuations du niveau d'eau du lac au fil du temps.

5.4.3. Les données cartographiques

Deux applications, le logiciel de traitement d'images ENVI 4.7 et le logiciel SIG Arc GIS 10.6, ont été utilisées pour le traitement et l'analyse des images satellites et pour l'élaboration des cartes thématiques. Parmi ces cartes thématiques et en raison de la complexité de leur construction, la méthode de traitement des images satellites et l'élaboration des cartes d'occupation du sol sont expliquées de façon approfondie.

Le traitement et l'analyse des images satellites ainsi que la production des cartes d'occupation du sol ont nécessité un certain nombre d'opérations. Pour exécuter ces opérations, les deux logiciels ont été utilisés de manière complémentaire. Le logiciel de traitement d'images ENVI a permis de faire les compositions colorées et les classifications dirigées. Quant au logiciel SIG Arc GIS 10.6, il a été utilisé pour la numérisation, la conception des cartes d'occupation du sol, et le calcul des statistiques relatives à la superficie des types d'occupation du sol (grâce à la table des attributs).

En prélude à l'analyse principale (traitement des images proprement dit), des opérations visant à rendre les images satellites plus lisibles et plus superposables, appelées prétraitements (Salmanou *et al.*, 2018), ont été effectuées. Il s'agit notamment des corrections radiométriques et géométriques.

Les Corrections radiométriques portent sur les effets qui perturbent la mesure radiométrique, singulièrement les irrégularités du capteur, les bruits du capteur ou de

l'atmosphère (diffusion, absorption ...). Il s'agit alors de redistribuer les niveaux de gris (ou les couleurs) pour mieux utiliser la palette disponible (El Hadraoui, 2013).

Quant aux corrections géométriques, elles permettent de rectifier les images satellites afin qu'elles soient superposables à des cartes ou à d'autres images sous des coordonnées communes (Salmanou *et al.*, 2018). Le système de projection utilisé pour cette correction est WGS 84/UTM zone 29N. Mais, avant la correction géométrique, nous avons procédé à un rééchantillonnage des pixels des images MSS de 1972 (60 m) pour avoir la même résolution que les pixels ETM et OLI-TIRS qui ont une résolution de 30 m.

Le traitement des images a commencé par l'application de la technique de la composition colorée pour mieux discerner les éléments sur l'image. Nous avons combiné les bandes 4-2-1 pour la scène de 1972, 4-3-2 pour la scène de 2000, et 5-4-3 pour la scène de 2018 (voir l'annexe). La composition colorée fait apparaître en rouge les forêts-galeries, et en bleu vert les savanes arborées et arbustives. Ces dernières formations (savanes arborées et arbustives) ne réfléchissent pas dans le proche infrarouge, mais plutôt dans les « bandes spectrales visible et thermique » (Akpoiyè *et al.*, 2018). Les sols nus, regroupant les bâtis, les champs de culture après récolte, les sols dégarnis de végétations, s'affichent en blanc. Les sols nus réfléchissent dans le proche infrarouge, le visible et le thermique (*ibid*). Quant aux étendues d'eau libre, elles apparaissent en bleu.

Les différentes combinaisons effectuées nous ont permis de distinguer les principaux types d'occupation du sol pour répondre aux besoins de cette étude. Cependant, une confusion demeurait entre les classes de savane arborée et de savane arbustive. Alors, il a été décidé de les regrouper en une seule classe d'entité. Ces différentes classes d'occupation ont été identifiées en nous inspirant des travaux de Di Gregorio (2016) sur le «*Land Cover Classification System*» et de Coulibaly et ses collaborateurs (2011), mais c'est surtout la qualité des images et la connaissance du paysage de la zone d'étude qui ont été déterminantes dans ce travail.

Après la composition colorée, la classification supervisée, qui est assez rapide et relativement simple (Laffly, 1993), a été choisie pour définir les classes d'occupation du sol. La classification supervisée consiste à utiliser les classes d'information (dans notre cas, il y en a 5; voir l'annexe) pour définir les classes spectrales (ensemble de pixels disposant des mêmes caractéristiques spectrales ou presque concernant leur valeur radiométrique dans les différents canaux) (Mas, 2000). En d'autres termes, il s'agit d'établir une correspondance entre les deux types de classes (classes spectrales et classes d'information). Les résultats de ce processus peuvent se traduire facilement en surface d'occupation du sol (Laffly, 1993). La classification supervisée permet donc le passage des images satellitaires à des cartes d'occupation de sol (Observatoire du Sahara et du Sahel, s.d.).

5.4.4. Les données issues des enquêtes de terrain

Les données de terrain concernent les données issues de l'administration du questionnaire et celles issues des entretiens de groupe.

5.4.4.1. Les données issues de l'administration du questionnaire

Les données issues de l'administration du questionnaire ont été codifiées, traitées et analysées à l'aide des outils informatiques Excel et SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). SPSS est un programme informatique qui permet la saisie, l'organisation et l'analyse des données statistiques, ainsi que leur présentation synthétisée sous forme de tableaux ou de graphiques (Antonius, 2008). Les données ont été encodées d'abord dans un fichier Excel. Il s'agissait d'attribuer à chaque réponse un code numérique (un chiffre) (figure 22). Ensuite, elles ont été transférées dans le logiciel SPSS pour effectuer des analyses statistiques approfondies. Une fois dans le logiciel SPSS, une étiquette, c'est-à-dire un nom plus explicite, a été donnée à chaque variable et à chaque modalité une valeur (figure 23). Pour ce qui concerne l'analyse des données, nous avons opté pour une analyse univariée, c'est-à-dire que chaque variable a été analysée séparément. Et les réponses, traduites en fréquence relative (pourcentage), sont présentées sous forme de tableau.

<p>Âge des enquêtés : 1 = "20-25 ans" 2 = "26-30 ans" 3 = "31-35 ans" 4 = "36-40 ans" 5 = "41-45 ans" 6 = "46-50 ans" 7 = "51-55 ans" " " " " 16 = "Sans réponse" Genre : 1= Masculin 2= Féminin 3= sans réponse</p>	<p>Activités principales des enquêtés : 1 = "Cultivateur" 2 = "Pêcheur" 3 = "Eleveur" 4 = "Maraîchage" 5 = "Commerçant" 6 = "Autres (à préciser)" Activité secondaire (Agriculture) : 1 = "Oui" 2 = "Non" 3 = "Sans réponse" </p>	<p>Modification du lac au fil du temps 1 = "Oui" 2 = "Non" 3 = "Sans réponse" Type de modification 1 = "baisse du niveau d'eau dans le lac" 2 = "Envasement du lac" 3 = "Diminution de poissons" 4 = "Dégradation de la végétation" 5 = "Sans réponse" La sécheresse, facteur de dégradation du lac 1 = "Oui" 2 = "Non" 3 = "Sans réponse"</p>
--	---	--

Figure 22. Encodage des réponses

	Fiches	Sexe	ZoneHabitat	Villages	Age	Activité principale	AgricultureActivitéSecondaire	ElevageActivitéSecondaire	PêcheActivitéSecondaire	MaraichageActivitéSecondaire	TissérandActivitéSecondaire	PlantationActivitéSecondaire	ChasseActivitéSecondaire	ActivitéMénusier	Actcineelle
1	1	1	5	1	11	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2
2	2	1	1	1	6	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2
3	3	1	5	1	6	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2
4	4	1	1	1	5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	5	1	1	1	14	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2
6	6	1	13	1	10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	7	1	1	1	9	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2
8	8	1	1	1	5	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2
9	9	1	1	1	8	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	10	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2
11	11	1	1	1	9	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2
12	12	1	1	1	4	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2
13	13	1	10	2	8	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2
14	14	1	1	1	3	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2
15	15	1	1	1	5	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
16	16	1	6	1	11	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2
17	17	2	1	1	9	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2
18	18	1	1	1	8	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	19	1	12	1	6	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2
20	20	1	10	2	7	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2
21	21	1	1	1	11	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2

Figure 23. Présentation des données dans le logiciel SPSS

5.4.4.2. Les données d'entretiens de groupe

Tous les entretiens réalisés sur le terrain avaient été systématiquement enregistrés à l'aide d'un dictaphone (appareil enregistreur). Après les enquêtes, ces entretiens ont été retranscrits intégralement et réécoutés plusieurs fois afin de les analyser. L'analyse du corpus de données a été effectuée à l'aide d'une grille de lecture élaborée à cet effet,

comme l'indique (Baribeau, 2009). La grille de lecture permet de dénicher, de façon organisée, l'information contenue dans les entretiens (Duchesne et Haegel, 2004). L'analyse a été construite autour d'un certain nombre de thèmes : (1) pour la cartographie participative, elle portait sur les ressources naturelles du village, la situation actuelle des ressources naturelles, les causes et les conséquences de cette situation ainsi que les stratégies d'adaptation ; puis l'état des ressources en 1991, 1968, en 1960 et pendant la période coloniale, les causes et les conséquences pour chaque période; (2) pour le groupe de discussion, elle concernait les moyens de subsistance, les principales menaces face à chaque moyen de subsistance, le degré de sévérité de chaque menace et les stratégies locales d'adaptation.

5.5. Les difficultés rencontrées dans le cadre de la collecte des données

Pour la collecte des données, nous avons rencontré quelques difficultés, notamment l'insuffisance des données et des difficultés vécues spécifiquement lors des enquêtes sur le terrain.

D'une manière générale, l'insuffisance des données constitue l'une des difficultés de cette étude. Très peu de recherches ont été menées sur la zone d'étude si bien que les données scientifiques y sont rares. Par exemple, le manque de station météorologique dans la zone d'étude ou proche de celle-ci empêche d'obtenir des données fiables sur les paramètres climatiques comme la pluviométrie, les températures, les vents, l'évaporation... Pour nous faire une idée des caractéristiques climatiques de ladite zone, nous étions obligés d'utiliser soit les données du cercle de Kolokani, situé environ à une quarantaine de kilomètres plus loin, soit d'utiliser les données sur le portail de connaissances sur les changements climatiques (*climateknowledgeportal.worldbank.org*), ce qui peut induire des distorsions, et la réalité du terrain peut être légèrement différente. Quant aux données hydrologiques, elles se réduisent à quelques données fragmentaires qui, elles aussi, ont subi tellement de corrections que leur fiabilité est à questionner. Par ailleurs, les données sur la population datent du dernier recensement de la population et de l'habitat de 2009 (INSTAT-Mali, 2013). Néanmoins, l'approche privilégiée dans cette

étude, consistant à valoriser le savoir écologique des populations locales, nous a permis de la mener en dépit des difficultés soulignées.

Sur le terrain, d'autres difficultés ont été vécues. Il s'agit entre autres de la dissémination des ménages et des villages sur les terroirs villageois de Wégna et Sirakoro, et l'indisponibilité des chefs de ménages pour les enquêtes. En effet, le village de Wégna, où habitent les autochtones, ne compte que quelques ménages (32 ménages) abrités dans des concessions contiguës ou très proches les unes des autres. Autour de ce village gravitent, dans un rayon de 2 à 10 km environ, d'autres villages ou hameaux, habités en général par les allochtones, et dépendant de lui traditionnellement et politiquement. À Sirakoro, par contre, la quasi-totalité des ménages à enquêter est regroupée sur le même site géographique, mis à part 2 hameaux situés à la périphérie. À l'éparpillement spatial des villages ou hameaux s'ajoute leur accès difficile lié à l'état des routes, qui sont parfois trop étroites ou accidentées pour y faire passer un véhicule. C'est pourquoi nous avons eu recours, non sans difficultés, à d'autres moyens de déplacement comme la moto ou même le vélo pour atteindre tous les ménages où qu'ils se trouvent.

Quant à l'indisponibilité des chefs de ménage, elle est liée au fait que nos enquêtes ont coïncidé avec un moment où les travaux maraichers battaient leur plein. Les chefs de ménage, sauf ceux qui sont malades ou trop vieux pour travailler, passaient la plupart de leur temps dans leurs jardins maraichers. Ces derniers se situent généralement à la périphérie des villages ou hameaux. Il fallait donc rejoindre certains dans leurs jardins pour les enquêter. Mais pour d'autres, qui avaient leurs champs loin du village, il nous fallait attendre la tombée de la nuit pour pouvoir les interviewer à la maison.

D'autres difficultés sur lesquelles nous n'insisterons pas concernent le logement et la restauration.

Chapitre 6. La première phase de la gestion adaptative du lac Wégna : la conception (design)

6.1. Analyse des données et compréhension de la situation globale du bassin du lac Wégna

Le succès de la gestion d'une zone humide est fonction de la connaissance ou de la compréhension qu'on a de cette zone (DEC, 2012). À cet effet, nous déterminons et analysons un certain nombre d'aspects du bassin versant du lac Wégna en vue de comprendre sa structure et son fonctionnement. Il s'agit des aspects climatiques, topographiques, hydrologiques, géomorphologiques et pédologiques de ce bassin, ainsi que ses composantes écologiques (dans un rayon de 5 km, environ, autour du lac). Aussi, nous procédons à l'analyse de la dynamique temporelle de l'occupation du sol dudit bassin afin de comprendre les facteurs biophysiques qui ont contribué à sa dégradation, notamment l'envasement du lac Wégna lui-même. Par la suite, des aspects à caractères socio-économiques sont analysés.

Rappelons qu'un bassin versant (BV) ou bassin hydrologique est le territoire à l'intérieur duquel les eaux de ruissellement se dirigent vers un point de sortie, appelé exutoire. Ce point, situé en aval du réseau hydrographique, est le point le plus bas de ce territoire à travers lequel toutes les eaux de ruissellement que le bassin draine transitent (Morell *et al.*, 1999; Laabidi *et al.*, 2016).

6.1.1. Des aspects physiques

6.1.1.1. Le climat

Le climat constitue un élément dominant dans la constitution des paysages d'une région donnée (nature et distribution des plantes, altération des roches, formation et évolution des sols...) et « conditionne les régimes hydrologiques» (Olivry *et al.*, 1996 p. 85). L'analyse du climat qui prévaut dans la zone d'étude a pour objectif de comprendre ses caractéristiques et son impact potentiel sur les ressources naturelles de cette zone.

6.1.1.1.1. La variabilité interannuelle des pluies

L'évolution de la pluviométrie dans la zone étudiée entre 1970 et 2016 est caractérisée par une grande variabilité des indices pluviométriques qui se traduit par une forte oscillation interannuelle avec une alternance d'années sèches et humides (figure 24). L'indice pluviométrique standardisé (IPS) utilisé permet de savoir si une année est excédentaire ($IPS > 0$) ou déficitaire ($IPS < 0$) (Ali *et al.*, 2008). Ici, la fréquence des années sèches (61,70%) est plus élevée que celle des années humides (38,29 %). On remarque deux périodes particulièrement sèches avec des années de forts déficits pluviométriques, parfois consécutives: les périodes 1970-1989 et 1990-2003. Le lac Wégna a probablement subi les effets des sécheresses à l'image de l'ensemble du Sahel. Selon plusieurs auteurs, les sécheresses, que la région sahélienne a connues, ont eu des conséquences sur les ressources en eau souterraine et de surface (Mahé *et al.*, 2002; Niasse *et al.*, 2004; Idrissi *et al.*, 2018). De même, les zones humides naturelles ont connu une diminution drastique de leur superficie (Niasse *et al.*, 2004).

Dans tous les cas, nombreux sont les riverains du lac Wégna qui reconnaissent que la destruction du couvert végétal, du fait de la sécheresse, est à l'origine de son exposition à tous les agents d'érosion (d'après nos enquêtes). Aussi, selon un responsable du service d'agriculture de Kolokani « *la première raison de la dégradation du lac Wégna, ce sont les changements climatiques* ».

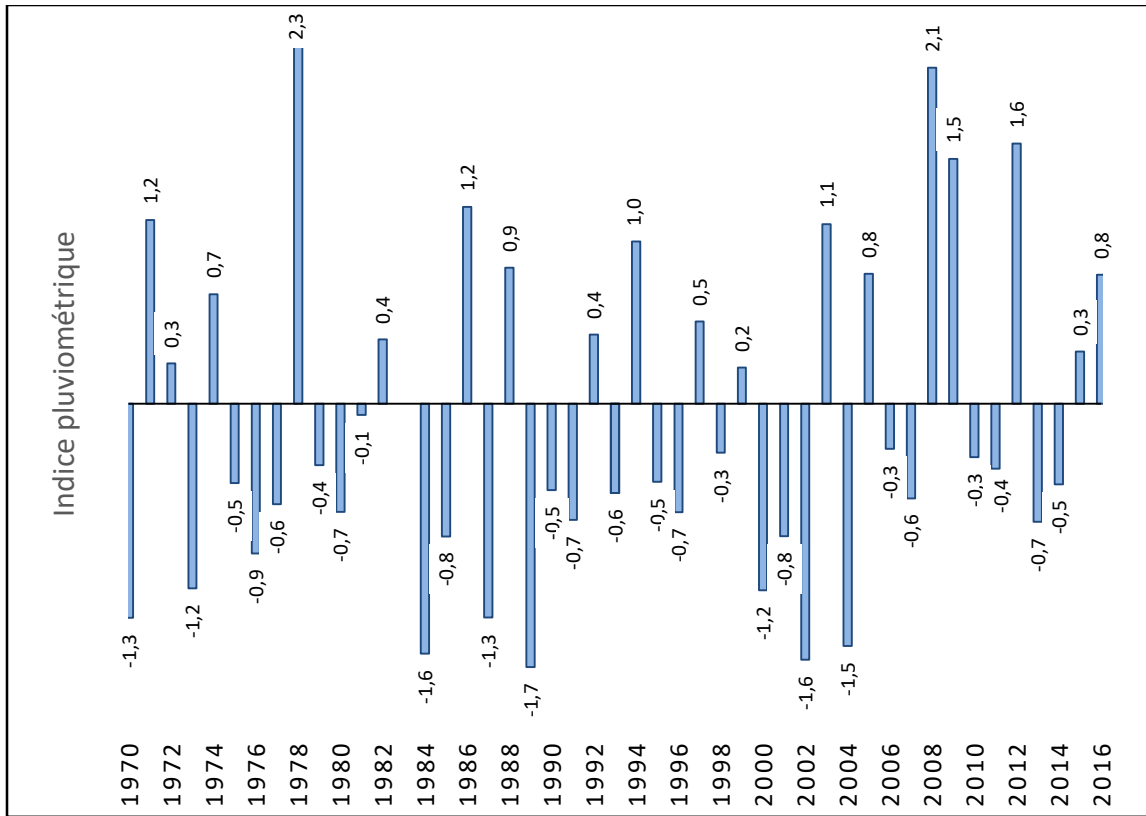


Figure 24. Évolution interannuelle de la pluviométrie à Kolokani avec les indices centrés réduits des hauteurs pluviométriques annuelles (1970-2016) (source : Direction nationale de la météorologie du Mali).

La variabilité pluviométrique se caractérise aussi par la variation décennale des pluies. En comparant les moyennes décennales de pluies entre elles et par rapport à la moyenne de la série, on constate que la décennie 1980-1989 est la plus sèche de la série (1970-2016) avec une moyenne décennale très largement en deçà de la moyenne interannuelle (figure 25). C'est au cours de cette période, notamment en 1984 (Coulibaly, 2011), que le lac Wégnia s'est presque asséché à la suite d'une saison des pluies déficitaire de 511,8 mm de pluie, contre 697,93 mm pour la moyenne de la série (soit une réduction de 26 %). Ce constat est conforme aux résultats auxquels sont parvenus de nombreux auteurs comme Le Barbé *et al.*, 2002; Lam *et al.*, 2012; Carbonnel et Hubert, 1992; Ozer et Perrin, 2014. Ces auteurs soutiennent la thèse d'une rupture dans les séries hydroclimatiques en Afrique subsaharienne à partir des années 1970, se caractérisant par un déficit

pluviométrique exceptionnel qui atteint son point culminant dans la décennie 1980-1989. Janicot (2012) parle alors de la « plus forte variation observée sur le globe » pour exprimer les très fortes variations pluviométriques à l'échelle décennale des précipitations au Sahel, surtout depuis les années 1950 (p. 471).

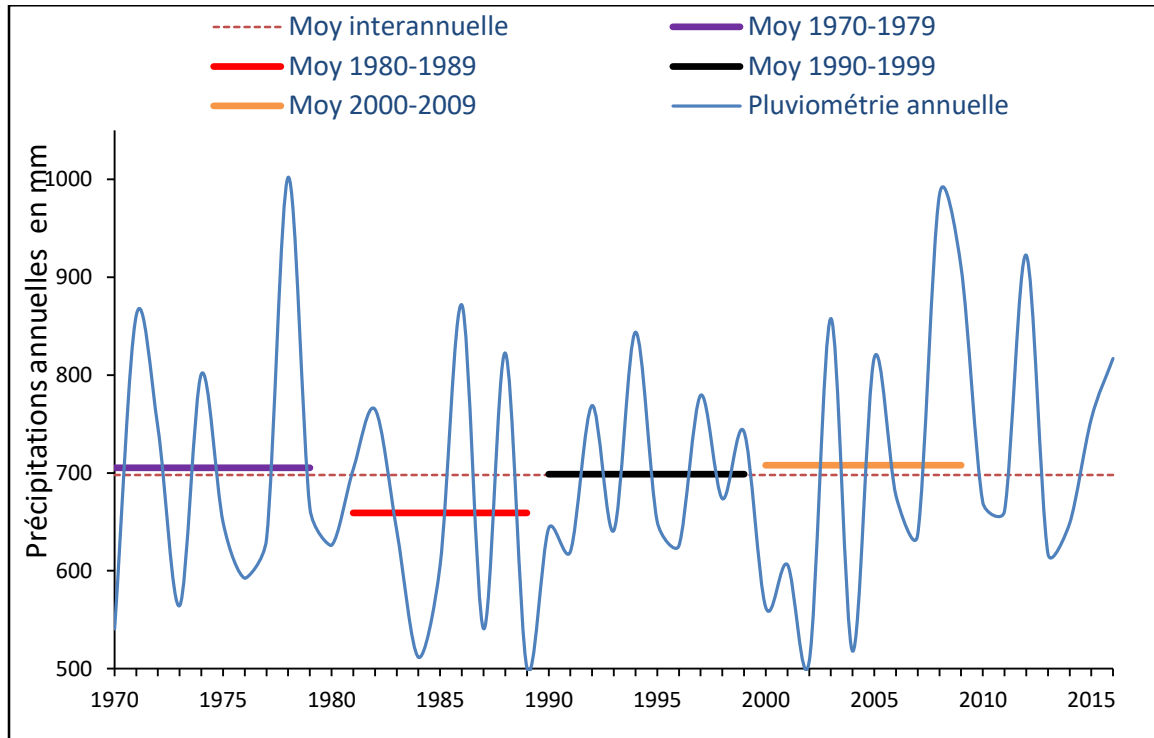


Figure 25. Variation interdécennale des précipitations annuelles à Kolokani (source : Direction nationale de la Météorologie du Mali)

6.1.1.1.2. Variation annuelle des précipitations et des températures

Les précipitations varient énormément au cours de l'année : on passe d'une saison humide à une saison sèche. De même, les températures fluctuent en fonction des saisons. Cette variation saisonnière des pluies et des températures est liée à un certain nombre de facteurs. En effet, au Mali, l'alternance de deux saisons s'explique par le mouvement de deux masses d'air (anticyclones) de direction opposée (Marie *et al.*, 2007) : (i) l'anticyclone du Sahara, qui est un vent chaud et sec appelé « harmattan », souffle dans la direction nord-est/sud-ouest, et (ii) l'anticyclone de Sainte-Hélène, un vent

très humide provenant de l'océan atlantique sud, encore appelé « mousson », souffle dans la direction sud-ouest/nord-est.

La zone de contact ou de convergence de ces deux masses d'air, l'une chargée d'humidité (mousson) et l'autre plus chaude et sèche (harmattan), constitue la Zone intertropicale de convergence (ZITC) (Amoussou, 2010). Ainsi, les pluies qui arrosent le Mali, donc la zone d'étude, sont en lien avec le passage du Front intertropical (FIT) (figure 26) qui n'est que la limite au sol des deux flux d'air à l'intérieur de la ZITC (Marie *et al.*, 2007; Amoussou, 2010). De direction sud-nord-sud, en général, le FIT effectue un déplacement alternatif au cours de l'année entraînant ainsi une succession de saisons pluvieuse et sèche. De juillet à septembre, il se situe le plus loin possible au nord et de décembre à février, il se localise dans ses limites les plus méridionales (Olivry *et al.* 1996; Marie *et al.*, 2007).

On distingue alors deux saisons bien distinctes au cours de l'année : une saison sèche, d'octobre à mai, et une saison des pluies, de juin à septembre (figure 27). La saison sèche se divise en 2 périodes : une période froide (de décembre à mars) où les températures moyennes baissent autour de 25°C ; et une période chaude (d'avril à juin et de septembre à octobre) où elles atteignent en moyenne 33°C. Les pluies commencent à tomber à la fin du mois de mai et au début du mois de juin. Elles connaissent leur maximum au mois d'aout avant de se retirer progressivement à la fin de septembre. C'est pendant cette période que le lac connaît sa crue.

Cette division de l'année climatique vaut pour l'ensemble du Mali avec, toutefois, des variations dans la durée des saisons en fonction de la latitude. Par exemple, la saison des pluies dure d'avril à octobre au sud du pays et se réduit juste de juillet à septembre au nord (Marie *et al.*, 2007).

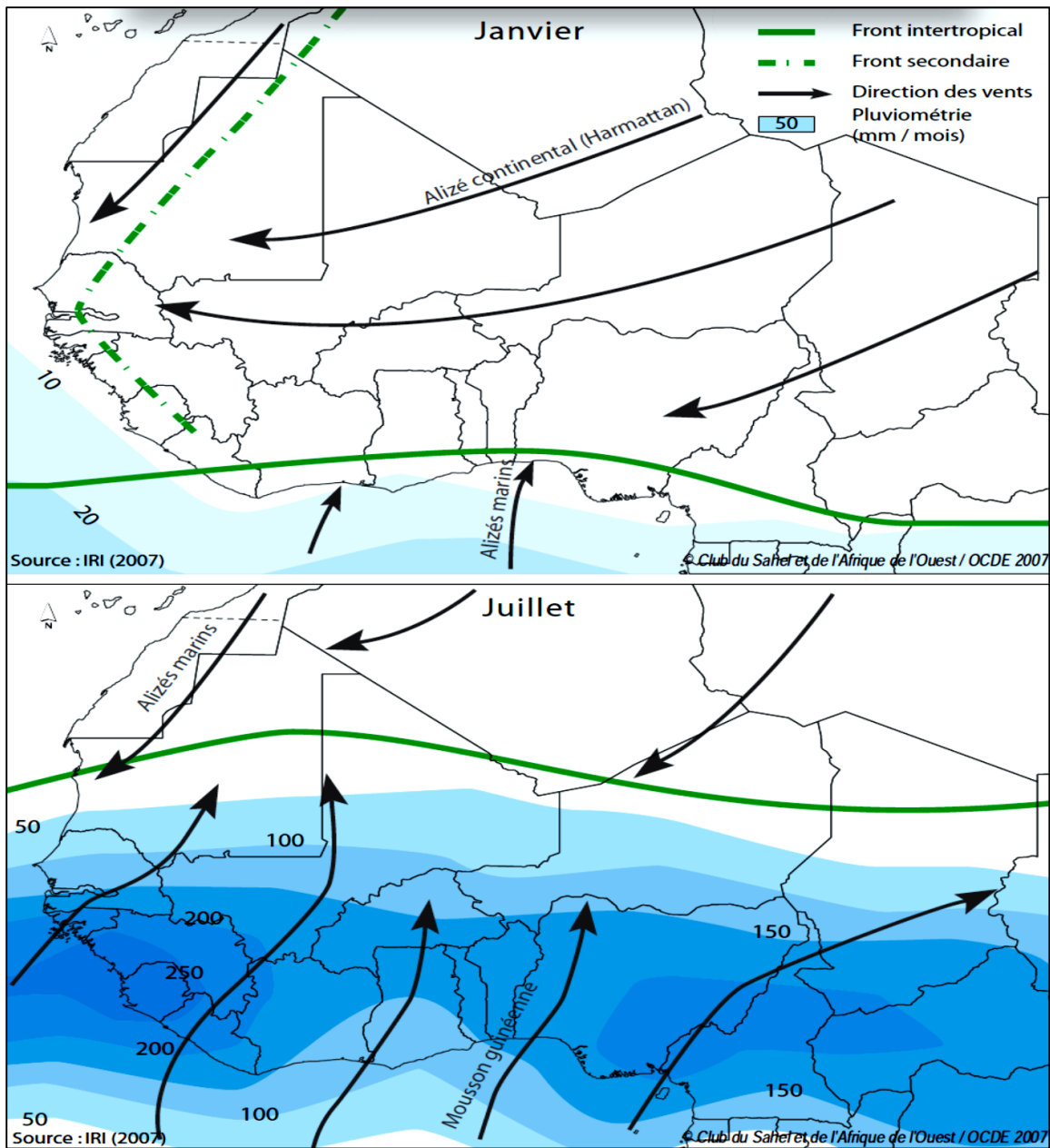


Figure 26. Le cycle de la mousson en Afrique de l'Ouest (source : FAO, 2008).

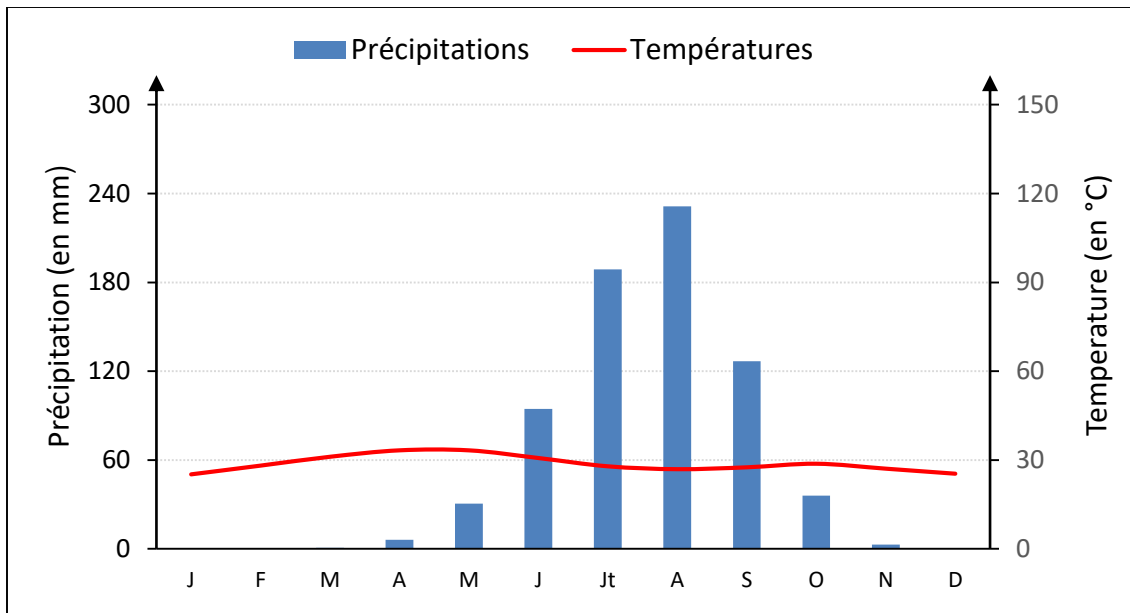


Figure 27. Les moyennes mensuelles de températures et des pluies de 1970 à 2016 à Wégnia (source : Climate Change Knowledge Portal, 2019 ; Direction nationale de la météorologie du Mali).

6.1.1.2. Les paramètres topographiques et hydrologiques du bassin du lac Wégnia

La détermination des paramètres topographiques et hydrologiques du bassin versant du lac Wégnia (la forme, les limites, le réseau hydrographique, la superficie ou encore le périmètre), a nécessité l'utilisation d'un modèle numérique de terrain (MNT) ou *Digital Elevation Model (DEM)* en anglais (figure 28). Le modèle numérique de terrain (MNT) est « la représentation numérique de la topographie du terrain ». Il permet l'extraction de plusieurs paramètres, comme nous venons d'en citer quelques-uns, qui sont des outils d'aide à la décision dans la gestion environnementale (Ouédraogo *et al.*, 2014, p. 407). On peut automatiquement extraire ces différents paramètres en ayant recours aux techniques des systèmes d'information géographique (SIG) (Laabidi *et al.*, 2016). Le logiciel SIG ainsi utilisé pour l'extraction automatique de ces paramètres est Arc Gis 10.6.

Le MNT que nous avons utilisé dans le cadre de la présente étude, d'une résolution de 30 m et de format Geo TIFF, provient des images SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Ces images ont été prises en février 2000 dans le cadre d'un projet international

piloté par l'Agence nationale de Geospatial-Intelligence (en anglais, *National Geospatial-Intelligence Agency, NGA*) et l'Administration Nationale de l'Aéronautique et de l'Espace (en anglais, *National Aeronautics and Space Administration, NASA*). Elles ont été gratuitement téléchargées sur le site *Open topography* (<https://opentopography.org>). Ensuite, le logiciel Arc Gis 10.6 a été utilisé pour le traitement des données. Ce traitement nous a permis de déterminer un certain nombre de caractéristiques morphologiques du bassin versant du lac Wégnia comme sa surface, son relief, son réseau hydrographique, etc.

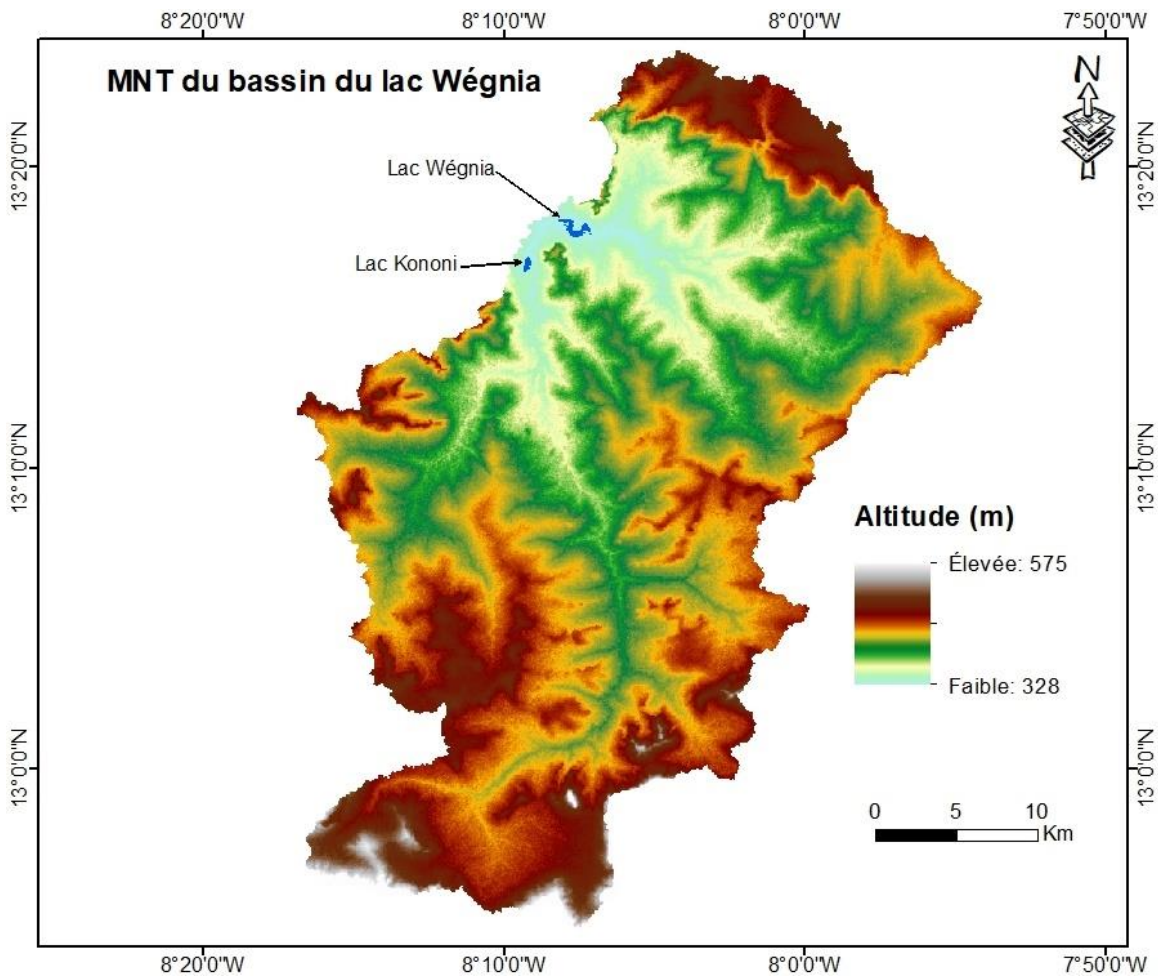


Figure 28. Modèle numérique de terrain (MNT) du bassin versant du lac Wégnia (source : SRI, 2017 ; File System Raster, <https://opentopography.org> ; adaptation cartographique : Magassa).

6.1.1.2.1. Le réseau hydrographique

Pour déterminer le réseau hydrographique du bassin versant du lac Wégna, la plupart des opérations de traitement des données du MNT ont été réalisées presque entièrement par les outils ArcHydro tools du logiciel Arc Gis 10.6. La référence spatiale pour la présentation des données est GCS_WGS_1984. Ces outils nous ont permis de préciser les limites réelles du bassin versant étudié, déterminer son réseau hydrographique et le hiérarchiser selon la classification de Strahler (Strahler, 1957) (figure 29). La classification de Strahler ordonne le réseau hydrographique en fonction de l'importance de ses ramifications, depuis les ramifications sans affluents (tributaires) en amont jusqu'au chenal principal. Ainsi, une ramification sans tributaires est d'ordre 1, le chenal issu de la confluence de deux chenaux du même ordre est augmenté de 1, et un chenal issu de la confluence de deux chenaux d'ordre différent prend le numéro d'ordre le plus élevé, et ainsi de suite jusqu'au chenal principal (cours d'eau principal). Mais dans notre cas, nous avons représenté les ramifications, non pas par des valeurs numériques, mais plutôt en fonction de l'importance de leur épaisseur (l'épaisseur du trait) (figure 29).

6.1.1.2.2. La surface, le périmètre, l'indice de compacité

Dans l'étude d'un bassin hydrologique, la surface et le périmètre fournissent des indications très importantes sur ce bassin. Leur influence se fait sentir dans la relation entre le débit et le temps (Laabidi *et al.*, 2016). Le bassin versant du lac Wégna s'étale sur une superficie de 1144 km² et son périmètre est estimé à 226 Km (figure 29). Ces paramètres ont été déterminés à l'aide de la table attributive d'Arc Gis 10.6. Une fois que ces paramètres sont connus, nous pouvons estimer la forme du bassin en calculant l'indice de compacité (Roche, 1963). L'indice de compacité, encore appelé coefficient de forme, est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie (FAO, 1996).

$$I_{comp} = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \approx 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Où P est le périmètre du bassin versant (en km), et A, sa superficie (en km²).

Cet indice est proche de 1 pour un bassin qui a une forme presque circulaire, égal à 1,12 pour un bassin de forme carrée, et supérieur à 1,12 pour un bassin de forme allongée (Musy, 2005). Il permet d'estimer la forme du bassin versant, qui est susceptible d'influencer l'écoulement global du cours d'eau. La forme du bassin peut aussi influencer l'allure de l'hydrogramme (graphique représentant l'évolution du débit Q en fonction du temps t), issue d'une pluie donnée, à l'exutoire du bassin (Laabidi *et al.*, 2016). D'après ces derniers auteurs, pour une même pluie, un bassin de forme allongée génère de faibles débits de pointes de crues, à cause du fait que le temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire est plus important. En revanche, les bassins ayant une forme d'éventail auront les plus forts débits de pointe (temps de concentration plus court). Pour toutes ces raisons, la détermination de l'indice de compacité du bassin du lac Wégna nous a semblé utile. Ainsi, avec une superficie de 1144 km² et un périmètre de 226 km, l'indice de compacité du bassin versant du lac Wégna est 1,87. Ce qui correspond à l'indice d'un bassin de forme allongée.

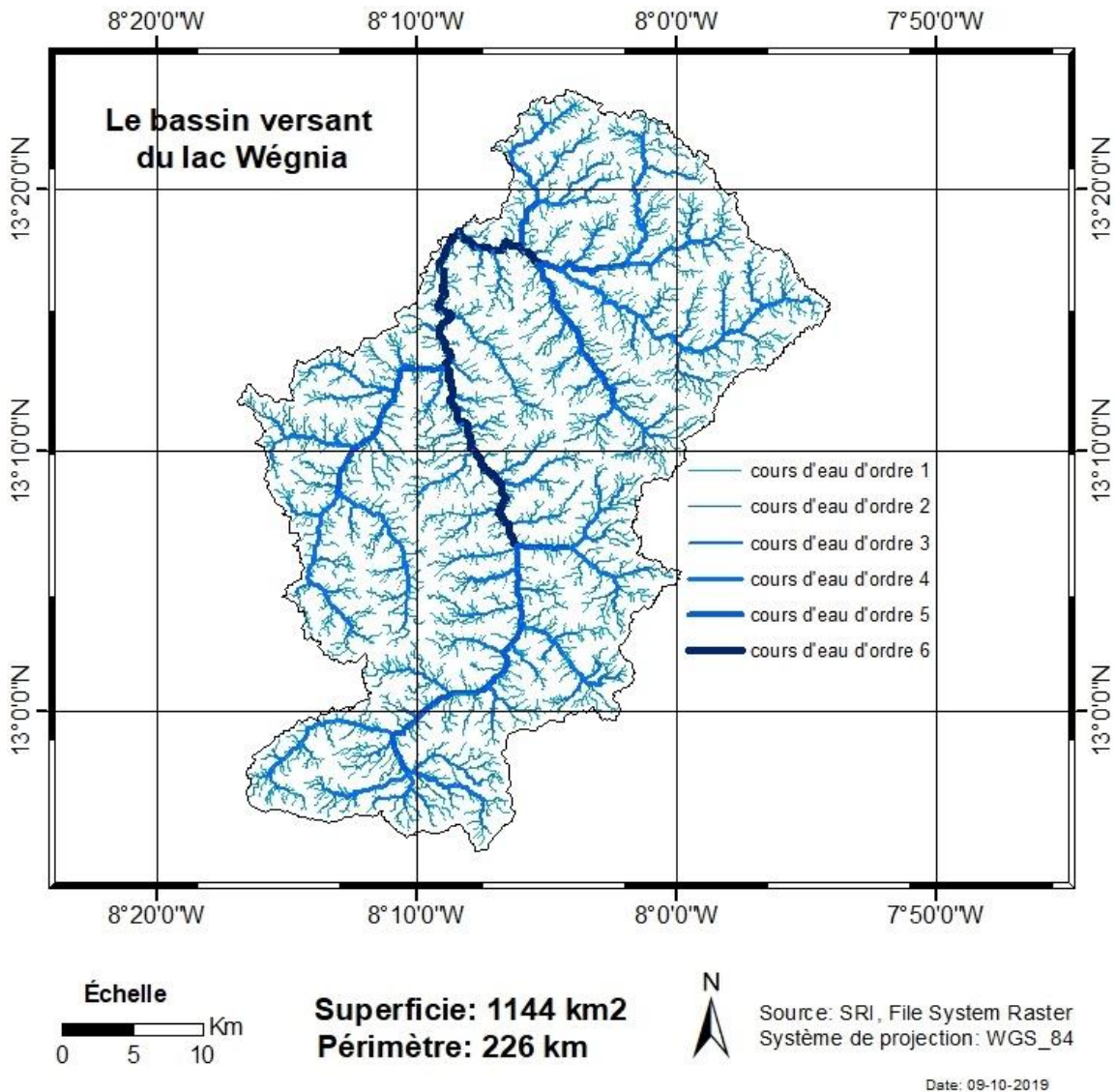


Figure 29. Limite et réseau hydrographique du bassin du lac Wégnia (source : SRI, 2017 ; File System Raster, <https://opentopography.org> ; adaptation cartographique : Magassa).

6.1.1.2.3. Hypsométrie

- **La carte hypsométrique**

La carte hypsométrique permet de mettre en exergue la distribution différentielle des tranches d'altitudes d'un bassin versant (Laabidi *et al.*, 2016; Hmaidi *et al.*, 2014). La carte hypsométrique du bassin versant du lac Wégnia présente des tranches d'altitudes comprises entre 575 m au point le plus élevé du bassin et 328 m à son exutoire. Le lac lui-même est situé à une altitude moyenne de 332 m environ par rapport au niveau de la mer (Figure 30).

Cette carte représente les surfaces comprises entre les courbes de niveau successives sous forme de classe de couleurs différentes, en partant de la classe d'altitude la plus élevée du bassin versant jusqu'à celle de l'altitude la plus basse. De plus, la superficie de chaque classe d'altitude a été calculée en km², puis convertie en pourcentage.

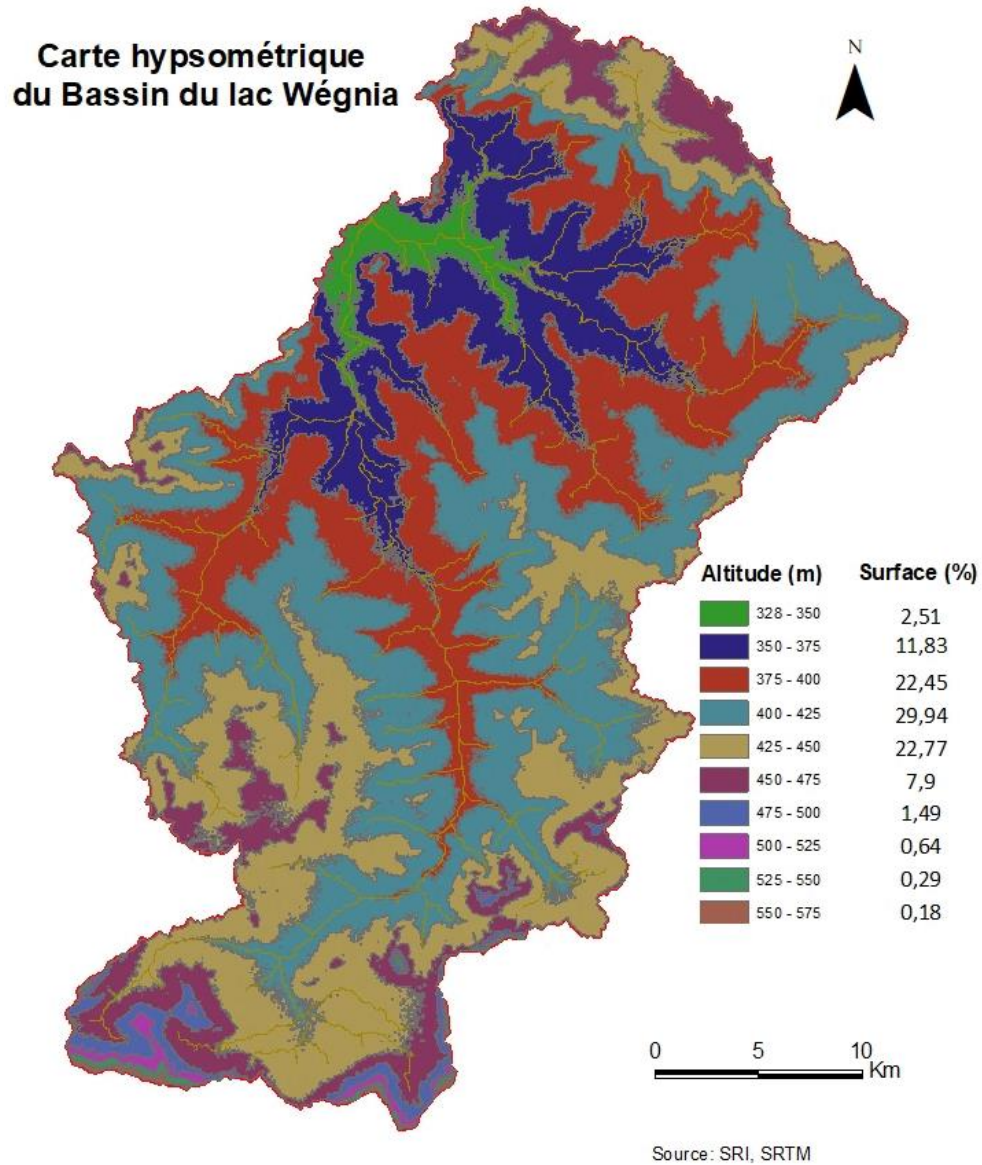


Figure 30. La carte hypsométrique du bassin du lac Wégna (source : SRI, 2017 ; File System Raster, <https://opentopography.org> ; adaptation cartographique : Magassa)

- **La courbe hypsométrique**

La courbe hypsométrique présente un aperçu global de la pente (relief) du bassin versant. Elle représente la distribution de la surface du bassin en fonction de son altitude

(Musy, 2005). Cette courbe présente en abscisse la surface ou pourcentage de surface (surface cumulée) du bassin se trouvant au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude portée en ordonnée (Singh *et al.*, 2008). Elle demeure un bon outil pour comparer les diverses sections d'un bassin versant et peut fournir des indications concernant le comportement hydrologique et hydraulique de celui-ci (Laabidi *et al.*, 2016). Aussi, la forme ou l'allure de la courbe hypsométrique peut permettre de caractériser l'état de maturité du relief, qui peut être jeune, en équilibre ou vieux, et de sa capacité érosive (Musy, 2005). D'après Bannister (1980), une courbe de forme convexe démontre le caractère jeune d'un relief où l'érosion est encore intense, alors qu'une forme concave est caractéristique d'un vieux relief où l'érosion est faible et stable. Et entre ces deux extrêmes se situent les bassins proches de l'état dit d'équilibre ou de maturité (figure 31).

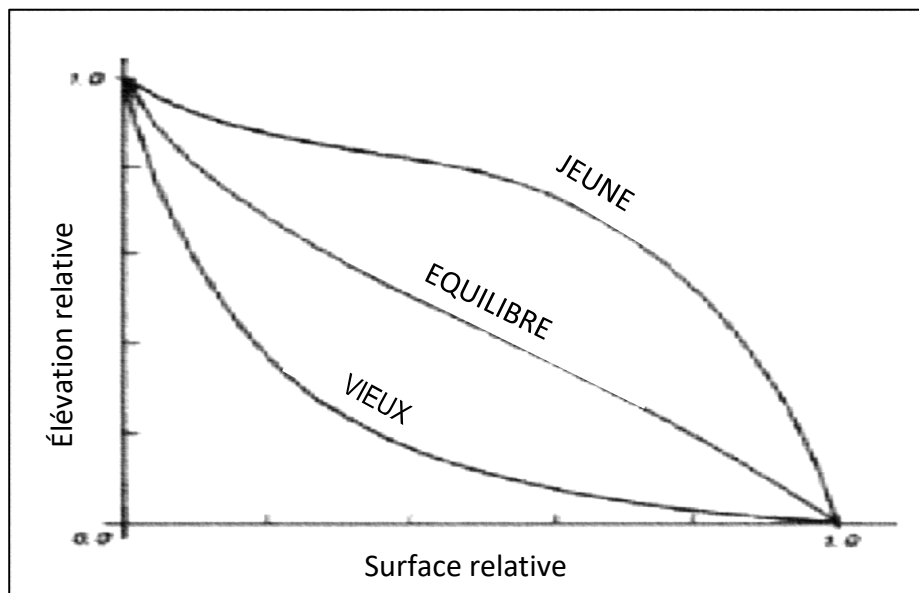


Figure 31. État de maturité du relief des BV (source : Laabidi *et al.*, 2016)

En observant l'allure de la courbe hypsométrique du bassin du lac Wégna (figure 32), on peut en déduire qu'il s'agit d'un bassin qui a dépassé le stade jeune pour atteindre le stade d'équilibre. Donc, si l'érosion n'est pas très intense, elle n'a pas non plus faibli. Il s'agit donc d'un bassin versant qui tend vers le statut dit « d'équilibre ou de maturité ». Entre l'altitude maximale et l'altitude médiane (450 m), la pente est assez forte (presque

abrupte). Mais entre l'altitude médiane et l'altitude 375 m, elle est relativement faible. Elle redevient importante entre 375 m et 328 m d'altitude (l'exutoire du bassin).

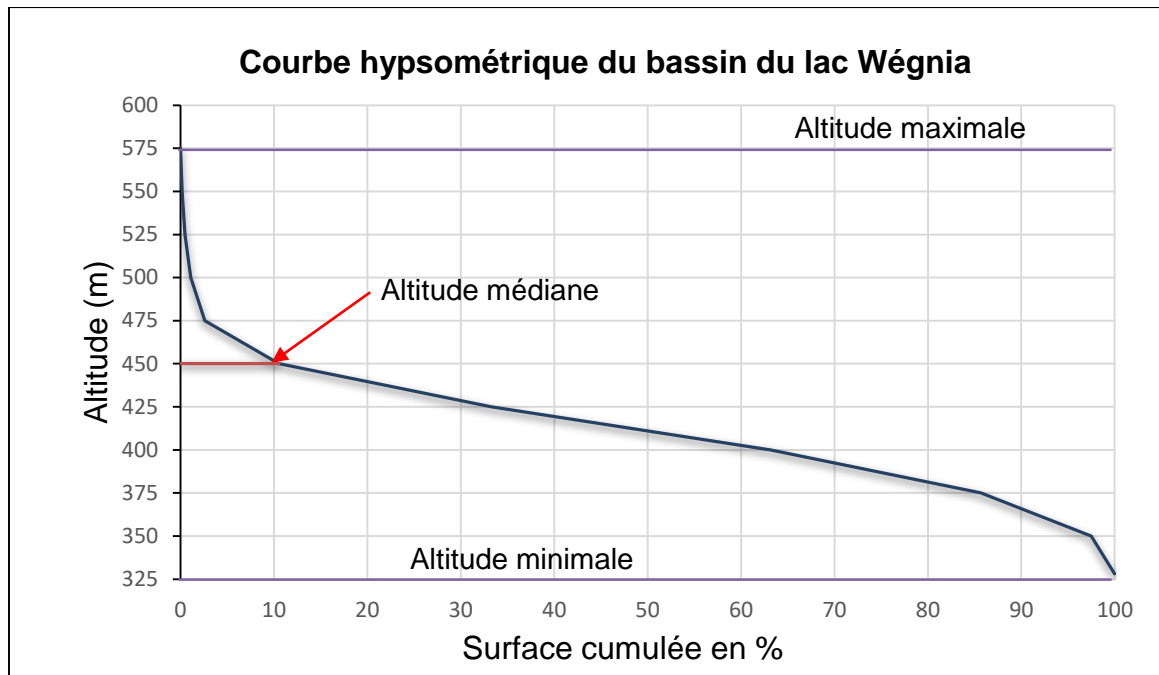


Figure 32. La courbe hypsométrique du Bassin versant du lac Wégna (source : SRI, 2017 ; File System Raster, <https://opentopography.org>).

6.1.1.3. Les spécificités du bassin versant du lac Wégna

Le traitement du MNT de la zone d'étude a montré que le bassin versant du lac Wégna est constitué de deux sous-bassins bien distincts. Il s'agit du bassin versant du lac Wégna proprement dit et celui du lac Kononi (figure 33). Le bassin du lac Wégna proprement dit a une superficie de 403 km² environ, un périmètre de 109 km et un indice de compacité de 1,50 (une forme allongée). Quant au bassin du lac Kononi, il mesure environ 741 km² de superficie, 180 km de périmètre et a un indice de compacité égal à 1,85. Mais, de nos jours et du point de vue hydrologique, les deux sous-bassins forment un seul et même bassin versant puisqu'ils partagent le même exutoire.

Toutefois, ces deux sous-bassins n'ont pas toujours été associés au même point de sortie de leurs eaux. En effet, nos enquêtes auprès des populations locales ont révélé que les eaux provenant du lac Kononi ne se jetaient pas directement dans le lac Wégna. Ces

eaux rejoignaient le cours d'eau qui draine le lac Wégna à quelques mètres de l'exutoire de celui-ci. Ensuite, elles formaient avec les eaux sortant du lac Wégna un seul ensemble et s'écoulaient dans le même cours d'eau en direction de la rivière Baoulé. Nous avons validé cette information sur le terrain lors de notre séjour d'avril à mai 2018. Aussi, les traitements d'images SRTM correspondant à la zone d'étude l'ont également confirmé (figure 33). En clair, l'embouchure du cours d'eau qui draine le bassin du lac Koni était située en aval de l'exutoire du lac Wégna.

C'est seulement dans les années 1980 (date approximative donnée par les populations locales), qu'une action humaine détourna les eaux du bassin versant du lac Koni vers le lac Wégna. Selon un habitant de Wégna, âgé de 62 ans, il s'agit de l'œuvre de deux personnes qui voulaient protéger leur champ de mil contre l'inondation. Cette dernière se produisait, des fois, dès les premières pluies à cause du débordement latéral des eaux du chenal qui contournait le lac Wégna pour submerger les jeunes plantes qui mouraient parfois. Afin d'éviter cela, leur action a donc consisté à ériger une digue au travers de ce chenal (figure 34). Du fait de cette obstruction, les flux d'eau issus du bassin versant du lac Koni se redirigent vers le lac Wégna dans lequel ils se jettent finalement. Selon les communautés locales, ce détournement artificiel des écoulements en direction du lac Wégna est l'un des principaux facteurs ayant contribué l'envasement de ce lac.

Afin que les eaux drainées par le bassin du lac Koni puissent reprendre leur ancien tracé et éviter qu'elles ne débouchent sur le lac Wégna, ces communautés ont tenté en avril 2019, sans succès, de barrer le tronçon du cours d'eau menant au lac Wégna. Pour y parvenir, elles avaient utilisé des matériaux rudimentaires, constitués de quelques poteaux en bois sous lesquels ils ont coulé quelques sacs de ciment. Mais, ces installations, qui étaient fragiles et dont la conception avait été visiblement mal faite, ont rapidement cédé dès les premières pluies. Il faut donc d'autres actions beaucoup plus robustes pour que ces acteurs locaux puissent atteindre leur objectif.

En raison de cette singularité, que nous venons de décrire, nous considérons, dans cette étude, les deux bassins comme un seul ensemble que nous appelons le bassin du

lac Wégna. Cela est d'autant plus justifié que le cours d'eau qui draine le bassin du lac Kononi débouche directement sur le lac Wégna. En outre, si on veut comprendre les causes de la dégradation du lac Wégna en analysant la dynamique spatiale de son bassin, il ne sera pas pertinent d'individualiser les deux bassins.

Le bassin versant des lacs Wégna et Kononi

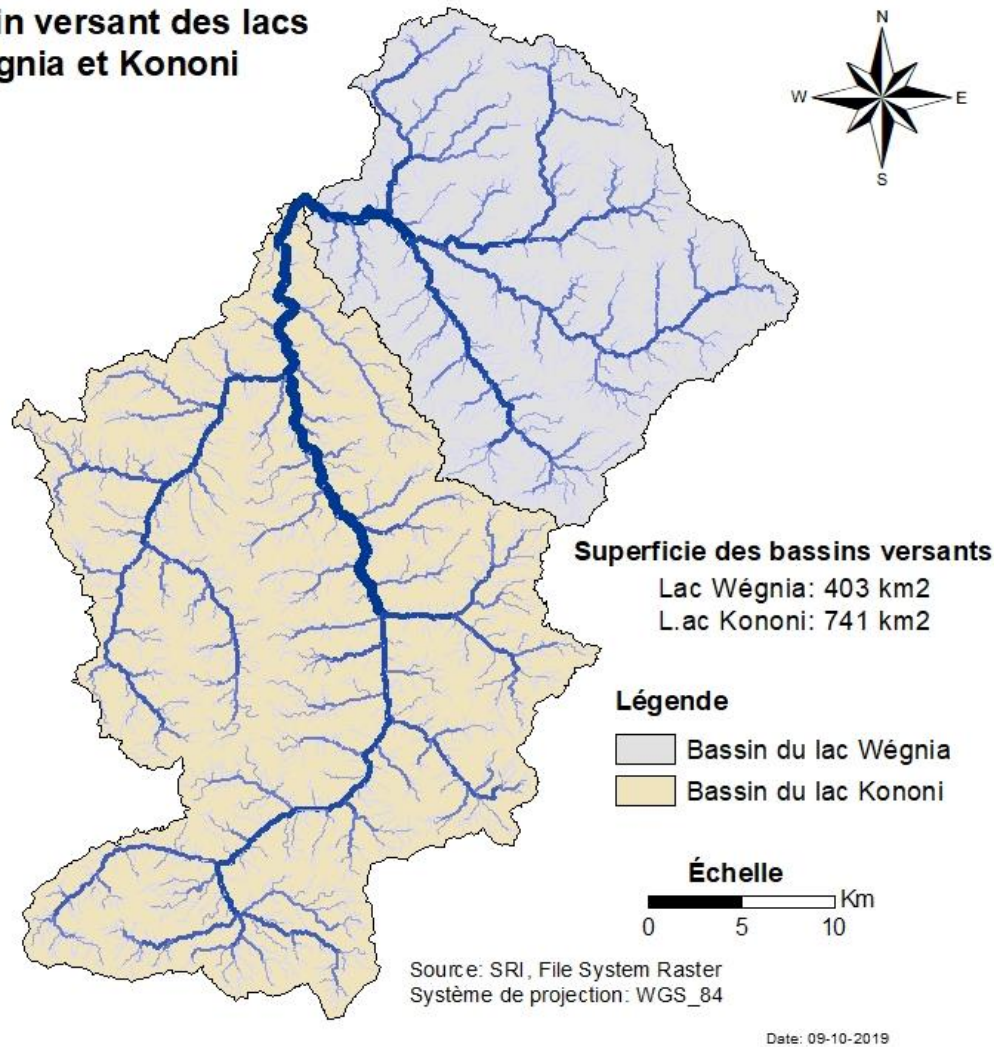


Figure 33. Le bassin des lacs Wégna et Kononi (source : SRI, 2017 ; file system raster, adaptation cartographique : Magassa)

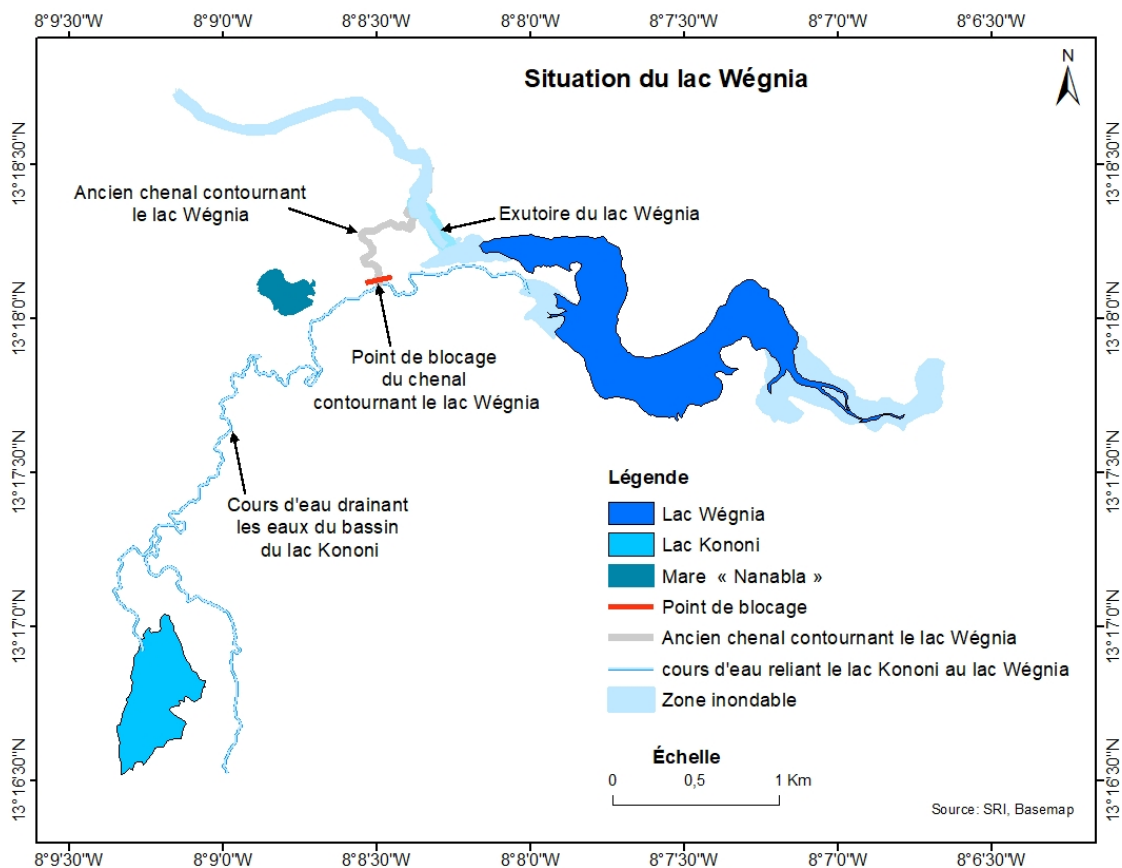


Figure 34. L'ancien chenal (qui permettait aux eaux du bassin du lac Kononi de contourner le lac Wégnia) et le point de son obstruction (source : SRI, 2017, réalisation : Magassa)

6.1.1.4. Les variations annuelles du niveau du lac Wégnia

L'évolution du niveau d'eau du lac Wégnia au cours de l'année est en relation avec le climat local, qui est un climat tropical de type soudanien nord (figure 27). Ce climat se caractérise par deux saisons nettement différenciées : la saison sèche (d'octobre à mai) et la saison pluvieuse (de juin à septembre). C'est pendant la saison sèche que le lac connaît son plus bas niveau (figure 36), et son niveau le plus élevé se situe en saison pluvieuse (figure 35). La baisse drastique du niveau du lac pendant la saison sèche se comprend par le fait que pendant cette période, non seulement il ne pleut pas, mais l'évaporation est très forte (taux d'évaporation 95%, selon Coulibaly *et al.*, 2011) en raison des températures élevées. Par conséquent, le niveau du lac baisse énormément (5 mm au mois de mai 2005). Ensuite, le rehaussement du niveau du lac intervient pendant la

période pluvieuse dépendamment des eaux de pluie qui tombent sur son bassin (la hauteur d'eau du lac a atteint 320 cm au mois d'août 2002).

Dépendant de la pluviométrie et soumis à des températures très élevées en certaines périodes, sans tenir compte des autres menaces, le futur du lac Wégénia est remis en question dans le contexte des projections climatiques au Mali. Il est prévu une augmentation de température de 3°C et une diminution de la pluviométrie de 22 % par rapport à la normale (1961-1990) sur l'ensemble du pays à l'horizon 2100 (MEDD/AEDD, 2018). Pour l'Afrique de l'Ouest, il est attendu que les températures moyennes seront plus élevées à l'horizon 2050 d'environ 2 à 3 degrés Celsius (Lemoalle *et al.*, 2014). Or, la zone humide du lac Wégénia est incluse dans cette région. Au lieu de cela, une gestion appropriée qui prend en compte cette incertitude liée à l'évolution du climat semble nécessaire pour rendre durables les ressources de cette zone humide et permettre aux riverains d'en tirer profit. C'est la raison pour laquelle la gestion adaptative a été choisie dans cette étude.

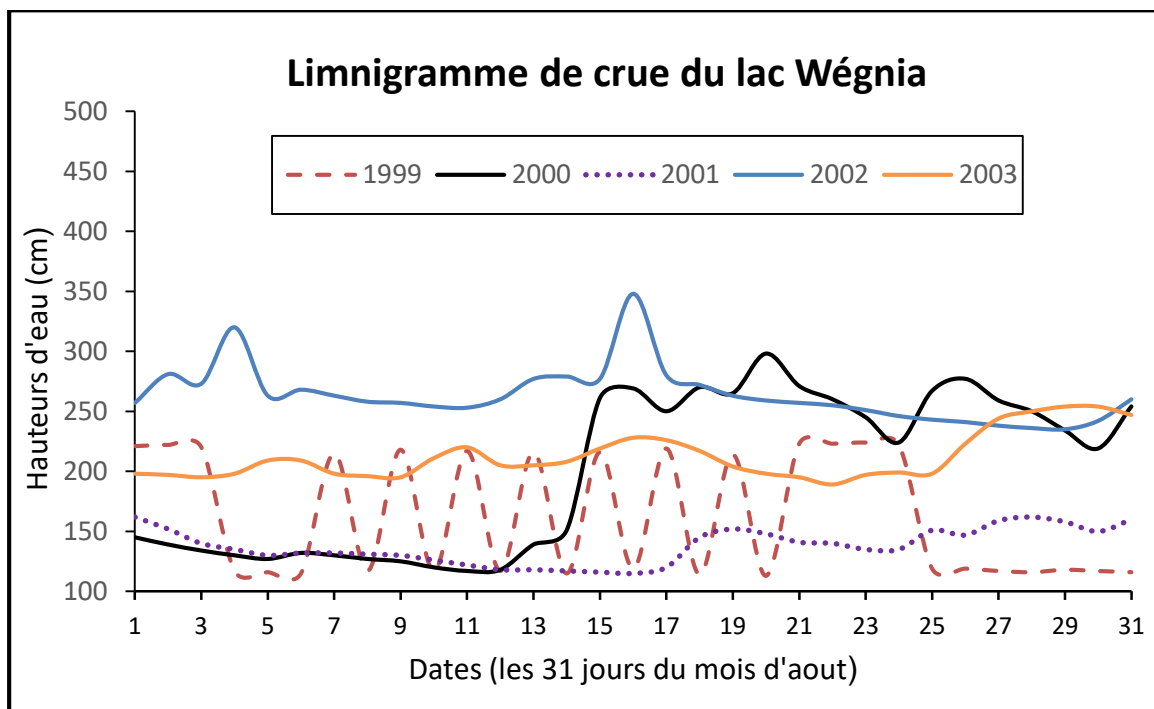


Figure 35. Limnigramme de crue du lac Wégénia au mois d'août (source : Direction nationale de l'hydraulique du Mali).

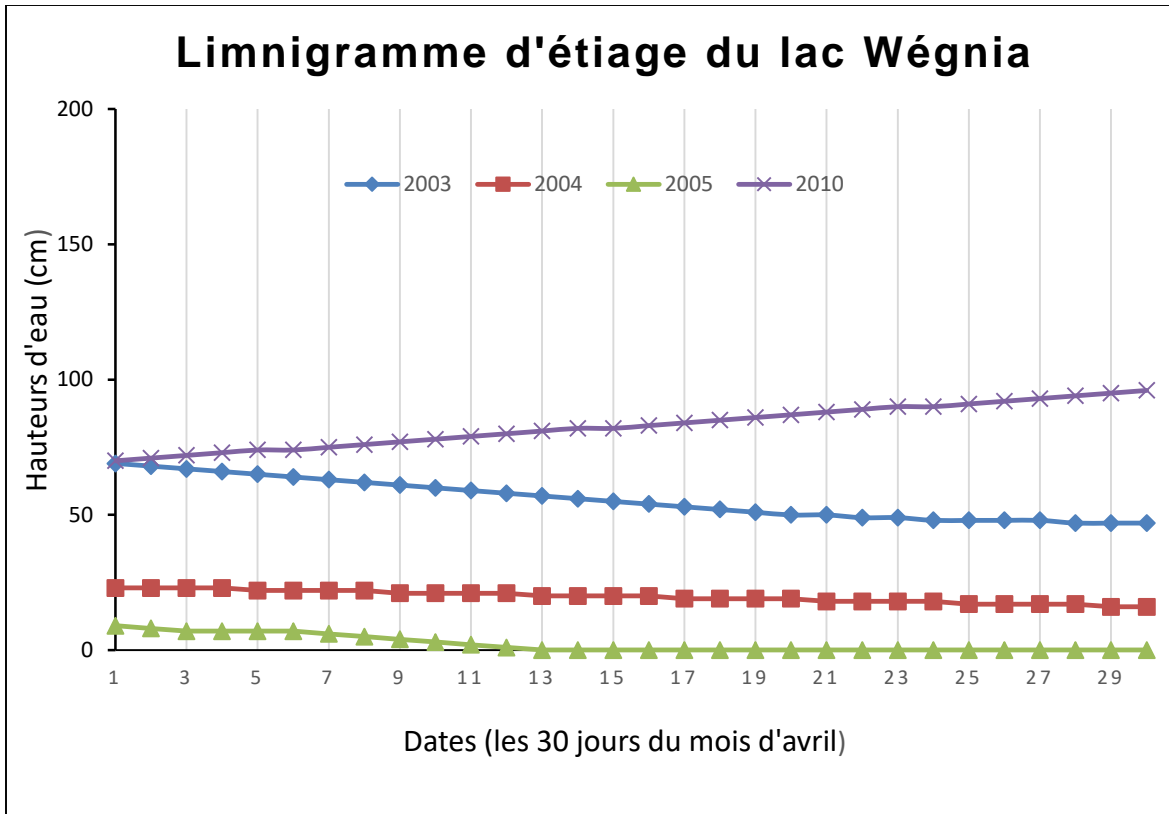


Figure 36. Limnigramme d'étiage du lac Wégna au mois de mai (source : Direction nationale de l'hydraulique du Mali)

6.1.1.5. Le bassin versant du lac Wégna : un bassin intercommunal

Le recours à la télédétection spatiale et aux SIG nous a permis de délimiter le bassin versant du lac Wégna et de le superposer sur la carte des communes de la région de Koulikoro (figure 37). Nous remarquons que ce bassin versant, considéré dans son ensemble et du point de vue hydrologique, dépasse de loin les frontières de la seule commune de Guihoyo dans laquelle le lac se situe. Il est plutôt à cheval sur 9 communes, à savoir les communes de Diedougou, Yelekebougou, Guihoyo, Nossombougou, Ouolodo, Tioribougou, Nonkon, Kalifabougou et N'tjiba. Ces différentes communes relèvent administrativement des cercles de Kolokani et de Kati, dans la région de Koulikoro (PRM/MDRI, s. d.).

Il serait donc souhaitable que chacune de ces communes puisse prendre des mesures afin de réduire la dégradation des sols et de la végétation. Car, l'alluvionnement des cours d'eau est en lien avec le déclin de la couverture du sol (AMOGU, 2009). Selon ce dernier auteur, l'augmentation des surfaces de sol nu sur un bassin fluvial contribue au drainage des sédiments vers le fleuve à travers ses affluents. Ainsi, une gestion par bassin versant impliquerait une coopération entre toutes ces communes. Autrement dit, les 9 communes doivent être impliquées pour toute question concernant le lac Wégna, dans la mesure où une dégradation de la couverture du sol qui se produit dans chacune de ces communes peut avoir des incidences sur ce lac. Mais, cela n'exclut pas que beaucoup d'efforts soient déployés pour la reconstitution de la forêt riveraine du lac et la conservation des sols, car la végétation de la « zone riparienne » ralentit le processus de sédimentation dans les cours d'eau par la rétention des particules et contribue à la stabilisation des berges (Heede et Rinne, 1990 ; Tabacchi *et al.*, 1998).

D'autres études futures pourront explorer la possibilité de mobiliser les populations de ces communes riveraines autour de la gestion du bassin versant du lac Wégna en privilégiant une approche par bassin versant. Il s'agirait peut-être de les amener à percevoir l'importance du lac Wégna dans l'amélioration de leurs conditions socio-économiques et les motiver à œuvrer dans le sens de la préservation des ressources naturelles (couvert végétal, sols) de leur bassin versant. Ainsi, l'action individuelle et collective de ces communes pourrait contribuer à mieux gérer les ressources du lac Wégna et celles de son bassin.

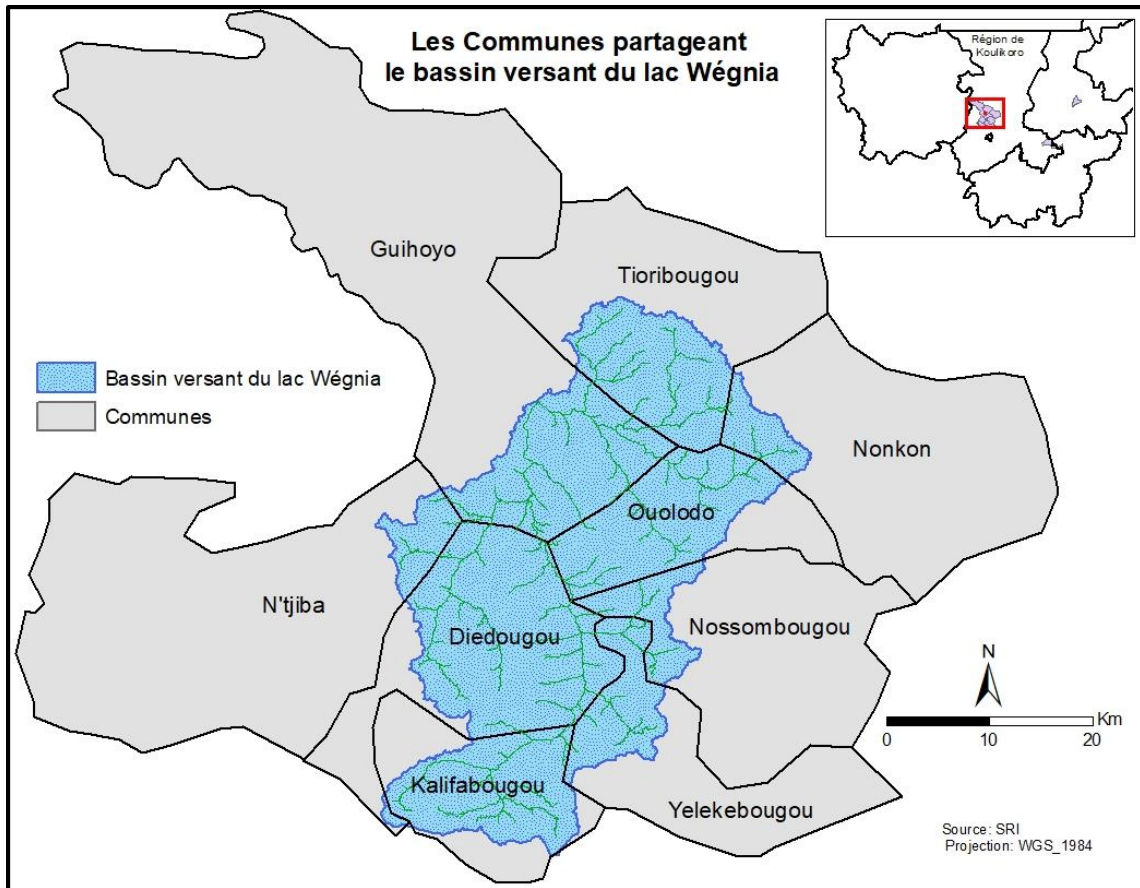


Figure 37. Les communes partageant le bassin versant du lac Wégna (source : SRI, 2017 ; PRM/MDRI (s. d), réalisé par Magassa).

6.1.1.6. Caractéristiques géomorphologiques et pédologiques de la zone humide du lac Wégna

Le bassin versant du lac Wégna est formé d'un ensemble de surfaces aplanies, de buttes, de collines formées de grès et de dolérite reposant sur le socle granitique et schisteux du Précambrien inférieur et moyen. La forme actuelle de son relief est liée aux importants soulèvements régionaux et aux mouvements locaux du Secondaire et du Tertiaire (Coulibaly *et al.*, 2011).

En se basant sur les études réalisées par P.I.R.T (1986), DRGRK (2009) et Coulibaly *et al.* (2011), on peut dégager quelques éléments caractéristiques des sols de la zone humide du lac Wégna :

- ✓ La fertilité chimique des sols est faible notamment en azote, phosphore et potassium (la zone reposant presque totalement sur du grès); mais les sols qui reposent sur de la dolomite en sont pourvus, ainsi que les sols alluviaux dans une certaine proportion;
- ✓ On rencontre des sols ferrugineux tropicaux appauvris modaux sur les versants et les sols hydromorphes peu humifères à Gley oxydé associés à des sols peu évolués d'apport mixte alluvial et colluvial dans la dépression et sur les franges. Un sol colluvial est un sol d'apport qui résulte des matériaux d'érosion sur un versant (Pomel, 2008);
- ✓ La texture des sols varie du type limoneux, argileux noir à argilo-sablonneux et gravillonnaire à certains endroits. Des régosols affleurent sur les berges dégradées du lac.

Les sols hydromorphes qui occupent les bas-fonds (dépressions) sont profonds et leur potentiel agricole est assez bon. Ainsi, pendant la saison pluvieuse, la riziculture est pratiquée dans les bas-fonds et dans les plaines alluviales sur l'ensemble des zones irrigables (DRGRK, 2009). Mais c'est surtout le maraichage qui est très pratiqué sur une superficie d'environ 30 ha, et l'arboriculture sur 12 ha environ (Coulibaly *et al.*, 2011). Ailleurs domine la céréaliculture pluviale, dont certains producteurs ont étendu leur exploitation agricole jusqu'aux berges du lac, entraînant la dégradation biophysique dudit lac (selon nos enquêtes, 2018).

Les sols limono-argileux sont des sols sensibles à l'érosion hydrique et le rythme de dégradation de ces sols est en lien avec leur faible teneur en matière organique et les pratiques culturales en cours dans cette zone (labours, absence d'amendements et de fertilisation organique, etc.).

6.1.2. Des aspects écologiques et biogéographiques

6.1.2.1. Les différentes composantes écologiques de la Zone humide du lac Wégénia

Des travaux antérieurs menés par Coulibaly et ses collaborateurs (2011) avaient permis de distinguer 4 types d'habitats au sein de la zone humide du lac Wégénia. En nous inspirant de leurs travaux et de notre expérience terrain, nous avons identifié les mêmes

composantes (figure 38). Toutefois, nous avons fait une synthèse des connaissances pour analyser les différentes composantes écologiques les unes après les autres en tenant compte de la biodiversité caractéristique de chacune d'elles, et ce, pour mieux les discerner. Pour ce faire, nous nous appuyons sur les données d'enquêtes que nous avons récoltées auprès des communautés locales. Par ailleurs, nous avons maintenu en langue locale (Bambara) le nom de certaines espèces animales et végétales lorsqu'on ne trouve pas d'équivalent dans la nomenclature scientifique. Parfois, nous gardons les deux noms (nom local et scientifique) de manière délibérée, parce que cette étude a la particularité de tenir compte du savoir écologique traditionnel des communautés locales concernées. Pour des besoins d'illustration, nous avons mis en annexe l'image (la photo) des différentes espèces animales et végétales citées ici, ainsi qu'une description sommaire de chacune d'elle. Les 4 types d'habitats se présentent de la manière suivante :

Une zone pélagique (ou zone d'eau libre)

La zone pélagique ou zone d'eau libre est une zone où il y a de l'eau durant toute l'année. Mais, de nos jours, en raison de la faible capacité de stockage d'eau du lac, une bonne partie de cette surface tarit pendant la saison sèche (vers les mois d'avril et mai). Elle abrite diverses espèces de poissons, dont les plus pêchées selon les communautés locales sont, entre autres : *Sarotherodon galileu*, *Clarias anguillaris*, *Synodontis schall*, *Mormyrus rume*, *Schilbé mystus*, *Labeo senegalensis*, *Brycinus nurse*, *Auchenoglanus occidentalis*, *Microthrissa sp* (la photo de ces différentes espèces et leur description sommaire sont en annexe) ;

Une zone d'eau peu profonde

La zone d'eau peu profonde, comme son nom l'indique, laisse pousser des herbes. Ainsi, la présence d'eau et d'herbes favorise le développement des microorganismes, des insectes et leurs larves ainsi que des poissons herbivores. Parmi les plantes qui prolifèrent dans cette partie du lac, les plus citées par les enquêtés sont : *N'Gokou*, *Bouloukou* et *N'Gômô*;

🚧 Une zone inondable (inondée par intermittence)

La zone inondable est inondée seulement pendant les périodes de hautes eaux. Il s'agit des rives immédiates du lac, mais, également des lits d'écoulement naturels (le contenant) qui permettent le drainage des eaux (le contenu) pendant les périodes de crue (figure 38).

Une forêt-galerie occupe le long des rives du lac et encadre, par une bande plus ou moins étroite, les lits d'écoulement. Elle est composée principalement de *Myragina inermis*, *Breonadia salicina*, *Saba senegalensis*, *Isoberlinia doka*, *Anogeissus leiocarpus*. Cette formation végétale est contiguë à une végétation de savane arborée. Ensemble, elles constituent un lieu de refuge privilégié pour divers animaux sauvages tels que les antilopes (*Tragelaphus scriptus*, *Ourebia ourebi*, *Sylvicapra grimmia...*), les reptiles (*Varanus albigularis*, *Varanus niloticus*, *Python sebae*, *Python regius...*), les oiseaux dont la plupart sont généralement fréquents dans ou au bord des plans d'eau (*Pandion haliaetus*, *Scopus umbretta*, *Ardea cinerea*, *Ciconia abdimii*, *Plectropterus gambensis...*) (Voir annexe pour la photo de ces espèces et leur description sommaire);

🚧 Une zone périphérique

Dans la zone périphérique, on rencontre une végétation de savane soudanienne constituée essentiellement de savane arborée et de savane arbustive (à mesure qu'on s'éloigne du lac et de ses tributaires). Dans ce domaine, les espèces végétales les plus fréquentes sont : *Andropogon gayanus*, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Combretum micranthum*, *Lannea acida*, *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera*, *Ficus glumosa* (voir annexe pour leur photo).

En raison de la forte anthropisation du bassin du lac Wégénia, certaines espèces (animales et végétales) sont devenues rares, tandis que d'autres ont complètement disparu. Parmi les espèces végétales qui se sont raréfiées, nous avons *Khaya senegalensis*, *Pterocarpus santalinoides*, *Spondias monbin*. Même la fine frange de forêt-galerie qui borde encore le lac est menacée, selon 84% des chefs de ménage enquêtés. Les types de

menaces auxquels elle est soumise, tout comme l'ensemble des formations végétales de la zone humide étudiée, demeurent la sécheresse, la coupe abusive de bois, les feux de brousse, le déracinement et l'écorçage des arbres (au profit de la médecine traditionnelle).

Concernant l'avifaune, la présence de certains oiseaux se fait remarquer autour du lac. Parmi eux, les plus couramment cités, en réponse à la question de savoir quelles sont les espèces d'oiseau présentes sur le lac, sont (en langue locale Bambara) : *N'tah, Niani Niani, Tétah, sadjournè, koumè koumè*. Par contre, d'autres ont disparu ou sont rarement visibles dans l'écosystème lacustre à l'étude. Ce sont : *kônôbôrôtigui, Bounougoro, Kamalegnouma, djourné*. La chasse illégale ou le braconnage, l'insuffisance de poissons dans le lac (certains oiseaux étant piscivores), la croissance démographique (l'occupation humaine) et la dégradation de la végétation sont entre autres les raisons évoquées par les enquêtés pour expliquer leur rareté ou leur disparition (tableau 7).

Tableau 7. Facteurs explicatifs de la disparition de certains oiseaux autour des lacs Wégnia et Kononi selon les enquêtés

Facteurs expliquant la disparition de certains oiseaux du lac Wégnia	Pourcentage (%)
<i>Diminution du niveau d'eau</i>	45
<i>Chasse illégale ou braconnage</i>	25
<i>Insuffisance de poissons</i>	14
<i>Croissance démographique</i>	6
<i>Disparition de la végétation</i>	3
<i>Sans réponse</i>	7
Total	100

Source : nos enquêtes, avril-mai 2018

De nombreux animaux sauvages fréquentaient le lac Wégnia autrefois. Mais, aujourd'hui, ils sont devenus rares. Parmi ceux qui fréquentent encore le lac, les plus connus de nos enquêtés sont cités dans le tableau 8. Par contre, d'autres ne sont plus visibles dans la zone humide du lac Wégnia (tableau 9).

Tableau 8. Les animaux sauvages qui fréquentent actuellement le lac Wégna selon les enquêtés

Noms scientifiques	Noms locaux (Bambara)
<i>Erythrocebus patas</i>	Warablé
<i>Lepus europaeus</i>	Sosani
<i>Crocodylus niloticus</i>	Bama
<i>Viverra civetta</i>	<i>Bakorongouri</i>

(Source : nos enquêtes)

Tableau 9. Les espèces animales ayant disparu dans la zone humide du lac Wégna d'après les enquêtés

Noms scientifiques	Noms locaux (Bambara)
<i>Tragelaphus scriptus</i>	<i>Minan</i>
<i>Sylvicapra Grimmia</i>	<i>Mangalani</i>
<i>Gazella rufifrons</i>	<i>Sinè</i>
<i>Phacochoerus aethiopicus</i>	<i>Lè ou Djè</i>
<i>Syncerus caffer</i>	<i>Sigui</i>
<i>Ourebia ourebi</i> (N'Goloni)	<i>N'Goloni</i>

(Source : nos enquêtes)

Les raisons de leur désertion ou disparition sont les mêmes que pour les oiseaux, selon les chefs de ménage interrogés. Mais, ces derniers ont surtout insisté sur la disparition de leur habitat naturel, notamment la végétation (30% d'entre eux se sont exprimés dans ce sens). La chasse illégale (le braconnage, souligné par 18% des enquêtés), fait partie des principales causes ayant conduit à la disparition de la grande faune autour du lac.

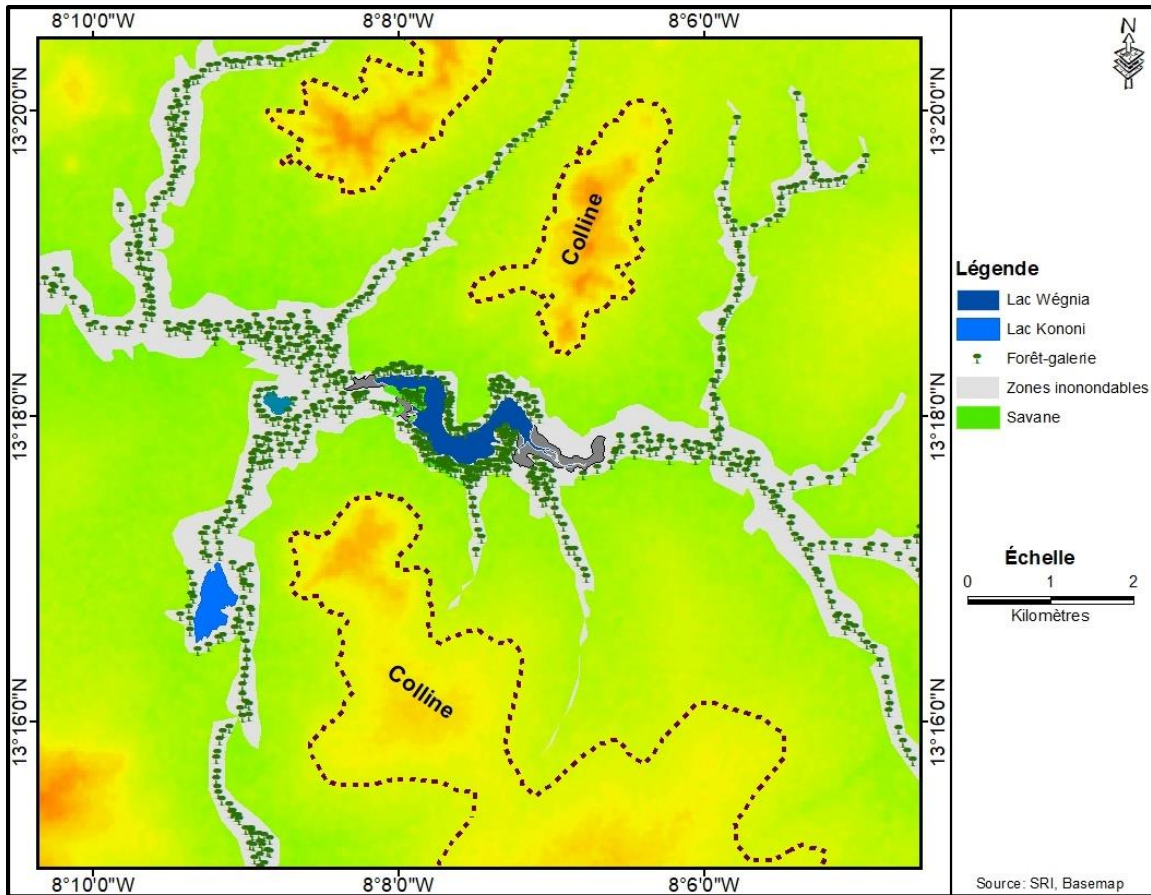


Figure 38. Les différentes composantes écologiques de la zone humide du lac Wégnia (source : SRI, 2017 ; adaptation cartographique : Magassa).

6.1.2.2. Analyse de la dynamique de l'occupation du sol de la zone humide du lac Wégnia de 1972 à 2018

L'analyse de la dynamique temporelle de l'occupation du sol de la zone humide du lac Wégnia de 1972 à 2018 a été faite sur la base de la comparaison des trois cartes d'occupation du sol : celles de 1972, 2000, et 2018 (figure 39). Cette comparaison s'appuie à la fois sur l'observation visuelle de ces cartes et sur les statistiques qui leur sont associées. Nous explorons en même temps les causes possibles des changements identifiés dans la couverture du sol et nous terminons par les solutions que les riverains proposent face à ces changements.

En observant visuellement les 3 cartes d'occupation du sol à différentes dates (1972, 2000, et 2018) de la zone humide du lac Wégénia (figure 39), on remarque très vite le contraste assez prononcé entre les types d'occupation du sol. Le type d'occupation qui attire en premier l'attention est celui relatif aux sols nus (en couleur jaune).

Les sols nus, englobant les bâtis, les champs de cultures et tous les endroits dégauchés d'arbres comme les clairières, étaient en état de trace en 1972. Ils prennent une certaine ampleur en 2000 avant de se généraliser ou presque tout autour du lac et de son réseau hydrographique. Leur superficie a augmenté de façon significative de 1972 à 2018, passant de 1257 hectares (4,02%) à 7601 hectares (24,29%) (Tableau 10). Le facteur principal pouvant expliquer cette forte augmentation de la superficie des sols nus, en plus des impacts liés au climat local, demeure l'agrandissement des superficies agricoles pour répondre aux besoins alimentaires et monétaires d'une population en croissance rapide.

En effet, si en 1998 la population de Wégénia s'élevait à 947 habitants, en 2009, presque une décennie après, elle comptait 1534 habitants (DNSI/BCR, 1998; INSTAT-Mali, 2013). En 11 ans d'intervalle, la population de Wégénia a cru de 62 %. Cette population étant agricultrice à 96%, on s'imagine quels peuvent être les besoins en terre de culture, donc en défrichement, d'une telle population. Mais, cette croissance démographique n'est pas seulement liée au surplus des naissances sur les décès des seuls autochtones, elle est aussi le fait de certains agriculteurs qui ont migré dans le bassin du lac Wégénia après 1972 et qui se sont installés en fondant des villages comme Dossébougou, fondé vers 1976, et N'Golobabougou, fondé vers 1983 (selon nos enquêtes, 2018). Ces agriculteurs se sont installés à proximité du lac pour profiter de l'humidité et de la richesse des terres qui caractérisent les bas-fonds, les zones inondables et les alentours immédiats du lac. Ces endroits sont également des zones où la nappe phréatique est moins profonde qu'ailleurs et où il est facile de creuser des puits pour l'arrosage des cultures maraichères. C'est pourquoi on assiste à une prolifération des champs maraichers et des champs de cultures pluviales tout autour du lac et de son réseau hydrographique (figure 43). Or, la mise en place et l'entretien de ces champs nécessitent, le plus souvent, des défrichements qui se font au détriment des formations végétales.

À l'évidence, la surface des sols nus a beaucoup augmenté, mais inversement, celle des formations végétales a diminué. Ainsi, la forêt-galerie (en vert sapin) a perdu de son étendue et de sa densité au fil du temps, passant d'une bande de forêt relativement dense en 1972 à une étroite bande de forêt assez clairsemée et effritée en 2000 et surtout en 2018. Sa superficie est passée de 4693 hectares (15%) en 1972 à 3661 hectares (11,70%) en 2018 soit une diminution de 1032 hectares à en l'espace de 46 ans (tableau 10). Cette régression de la superficie de la forêt-galerie est la conséquence de l'augmentation de la superficie des sols nus.

L'extension des sols nus s'est faite aussi au détriment des savanes (arborée ou arbustive) (vert clair). Cette réduction est perceptible en 2000, mais elle l'est davantage en 2018. Si en 1972, les savanes couvrent une superficie de 21 582 hectares (68,97%) ; en 2000, elles s'étendent sur 20 721 hectares (66,22%) et en 2018, elles n'occupent plus que 18 957 hectares (60,58%). Tel qu'indiqué plus haut, ce recul des savanes résulte de l'arrivée et l'installation de certains allochtones dans la zone après 1972 (selon nos enquêtes), et de l'augmentation progressive des superficies agricoles au rythme de la croissance de la population et de ses besoins.

Quant aux étendues d'eau libre (bleu marine), elles ont connu également une diminution de leur superficie, même si ce changement n'est pas assez visible à vue d'œil. Mais, selon les statistiques générées suite aux traitements d'images satellites et à la réalisation des cartes d'occupation du sol, sur les 31 292 hectares correspondant à la superficie du périmètre délimité et centré sur le lac, les étendues d'eau libre occupent 288 hectares soit 0,92% en 1972; en 2000, elles occupent 127 hectares, soit 0,41%, et en 2018, elles n'occupent plus que 114 hectares, soit 0,36% (tableau 10). Cette évolution de la surface d'eau libre pourrait être liée aux effets de la variabilité climatique et à l'ensablement progressif des plans d'eau.

Enfin, les zones d'eau temporaires, très remarquables en 1972, ont beaucoup diminué en 2018. Elles étaient de 3472 hectares (11,10%) en 1972, 2315 hectares (7,40%) en 2000, et réduites à seulement 959 hectares (3,06%) en 2018. Toutefois, il reste difficile d'avancer une seule raison pour justifier ce recul.

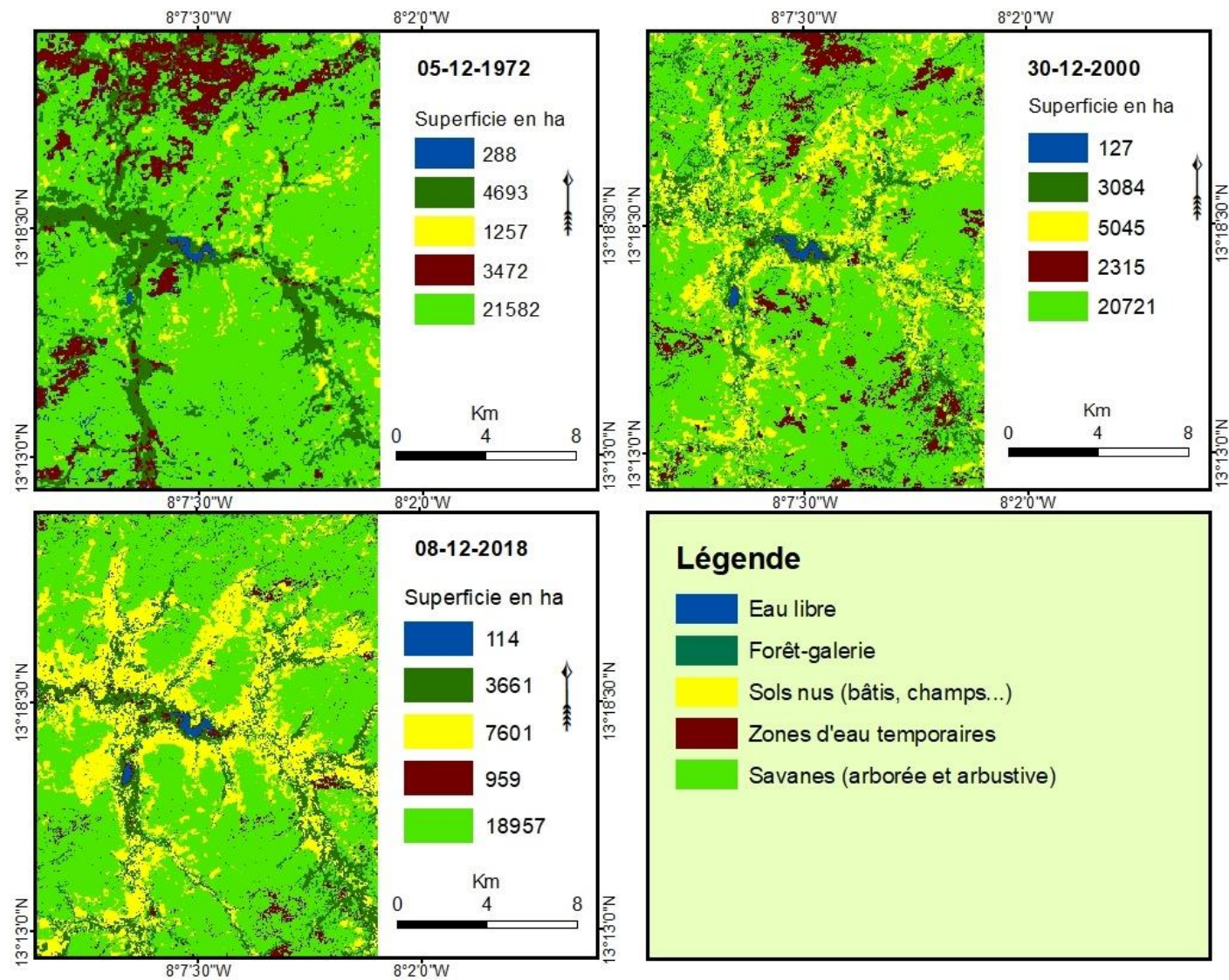


Figure 39. Les cartes d'occupation du sol et l'estimation de la superficie des différents types d'occupation dans la zone humide du lac Wégia en 1972, 2000 et 2018 (source, SRI, 2017 ; <https://landsat.usgs.gov>)

Tableau 10. État de l'occupation du sol, en hectare et en pourcentage, en 1972, 2000 et 2018 dans la zone humide du lac Wégna

Classes	1972		2000		2018	
	ha	%	ha	%	ha	%
Eau libre	288	0,92	127	0,41	114	0,36
Forêt-galerie	4693	15,00	3084	9,86	3661	11,70
Sols nus	1257	4,02	5045	16,12	7601	24,29
Zones d'eau temporaires	3472	11,10	2315	7,40	959	3,06
Savanes	21 582	68,97	20 721	66,22	18 957	60,58
Total	31 292	100	31 292	100	31 292	100

Source : SRI, 2017 ; Landsat 1, 7 et 8

Conclusion partielle

L'analyse des cartes d'occupation du sol montre que la zone humide du lac Wégna a subi une dégradation continue de 1972 à 2018. Cette dégradation est caractérisée par une augmentation progressive des sols nus (champs de culture, bâtis, etc.), une régression du couvert végétal (forêt-galerie, savanes) et une diminution des étendues d'eau libre et des zones d'eau temporaires. L'augmentation de la population dans les zones proches du lac et le développement de ses activités sont des facteurs importants dans cette évolution de la couverture du sol. Les conditions climatiques, notamment les sécheresses, sont aussi à prendre en considération. Certes, la détermination de la superficie des différents types d'occupation du sol pour les 3 dates relève de l'ordre des estimations (pouvant comporter de petites erreurs, même si elles sont très négligeables), mais les résultats obtenus sont en phase avec ceux auxquels d'autres sont parvenus. Par exemple, pour les causes de la dégradation des terres, Roose (1985) affirme que dans la partie sahélienne des savanes soudaniennes (la zone d'étude en fait partie), cette dégradation est liée à deux phénomènes majeurs : la récurrence des sécheresses et les activités humaines. Selon lui, le premier (les sécheresses) joue un rôle d'accélérateur, mais c'est le second (les activités humaines) qui en est le facteur principal à travers notamment :

- L'accroissement des superficies défrichées et cultivées souvent sans les mesures adéquates de conservation des sols;
- Le surpâturage et la pratique des feux annuels, dont les plus néfastes sont les feux tardifs, sur les pâturages et les résidus de culture;
- La coupe des arbres pour satisfaire les besoins en combustible des villes, etc.

Quant à Chabalier (2002), il évoque les fortes démographies dans les pays pauvres pour expliquer les causes des défrichements anarchiques des forêts, la réduction de la durée des jachères, et la gestion par le feu des pâturages. Or, tout défrichement occasionne un certain déséquilibre du sol. Et le ruissellement et l'érosion augmentent dès que le sol est mis à nu (Roose, 1984). La finalité de ce processus est le dépôt des sédiments dans les lacs, les rivières, et donc leur comblement. Ce genre de processus partant de la dégradation des bassins versants et conduisant in fine à la sédimentation des lacs a été démontré par de nombreux auteurs. Au Cameroun, Daïwe et Ngatcha (2010) ont montré, dans le cas du lac Dang, que l'érosion des sols dans le bassin versant de ce lac est le principal facteur de sa dégradation. Il en est de même pour le lac Kinkony à Madagascar (Andriamasimanana, 2011). En Afrique du Nord, la sédimentation des barrages de retenue, qui est très élevée, est aussi due aux forts taux d'érosion des bassins versants (Remini et Remini, 2003). Au Mali, Berthe et Kone (2008) indiquent clairement que l'effondrement des berges et l'envasement des cours d'eau sont la résultante de la dégradation de leurs bassins versants.

Par conséquent, et au regard de tout ce qui précède, on peut dire que les causes de la dégradation (envasement/comblement) du lac Wégna restent donc liées aux interventions humaines, auxquels s'ajoutent probablement les effets du climat local. Connaissant les causes réelles de la dégradation du lac, les communautés concernées ont proposé des solutions alternatives sur lesquelles nous reviendrons dans la section 5.8.

6.1.3. Des aspects socio-économiques

6.1.3.1. Analyse participative de la vulnérabilité des populations riveraines du lac Wégnya et de leur adaptation aux changements climatiques

L'analyse de la vulnérabilité des populations riveraines du lac Wégnya face aux changements climatiques portera sur la vulnérabilité des ressources naturelles de ces populations et celle de leurs moyens de subsistance vis-à-vis des changements environnementaux en général et des changements climatiques en particulier.

6.1.3.2. Analyse de la vulnérabilité des ressources naturelles des villages de Wégnya et de Kononi-Sirakoro

La vulnérabilité des ressources villageoises face aux menaces a été analysée grâce à un processus participatif basé sur la cartographie participative (cf. méthodologie générale). D'abord, la situation actuelle des ressources naturelles à Wégnya et Sirakoro se présente de la manière suivante (tableau 11): une dégradation poussée des forêts et des pâturages, une insuffisance des pluies, le comblement des lacs, une diminution de la production halieutique et une détérioration de l'état des routes.

Tableau 11. La situation actuelle des ressources à Wégnya et Sirakoro et ses causes d'après les enquêtes

Ressources du village	Situation actuelle	Causes naturelles	Causes humaines
Forêts	<i>Dégradation poussée</i>	x	x
Pâturages	<i>Non satisfaisants</i>	x	x
Pluies	<i>Insuffisance Irrégularité du régime des saisons</i>	x	
Sols	<i>Sols pauvres</i>	x	x
Lac Wégnya et lac Kononi	<i>Envasement (comblement de boues)</i>	x	x
	<i>Dégradation de la végétation riveraine</i>		
	<i>Insuffisance de poissons</i>		
Routes	<i>Endommagées</i>	x	x

Source : nos enquêtes, avril-mai 2018

La démarche consistait, dans un premier temps, à demander aux participants d'énumérer les principales ressources de leur village, ensuite identifier les menaces auxquelles chaque ressource est soumise. Ensuite, ils étaient invités à évaluer le degré d'affectation de chaque ressource face aux menaces. L'ampleur d'une menace est évaluée par rapport à une ressource donnée de la façon suivante :

0 = non sévère. 1 = sévérité faible. 2 = sévérité moyenne. 3 = sévérité forte.

L'évaluation du degré de sévérité des menaces a pour avantage de catégoriser ces menaces dans la perspective d'une intervention. Le plan d'intervention, d'actions ou d'adaptation, qui sera élaboré à cet effet, portera prioritairement sur les menaces dont la sévérité est élevée (soient les menaces de niveau 3 ou 2). Quand le degré de sévérité de la menace est faible, soit 1 ou 0, cela signifie qu'il n'est pas urgent d'intervenir ou de chercher des stratégies d'adaptation. Rappelons que nous nous sommes inspirés des travaux de Boureima et ses collaborateurs (2012) pour l'application de cette démarche.

Après l'analyse de la situation par village, il a été constaté que les ressources naturelles sont de mêmes types dans les deux villages, Wégna et Kononi-Sirakoro. Cela s'explique par le fait que les deux villages sont situés sur le même espace géographique et ne sont distants l'un de l'autre que de 8 km. Les principales ressources villageoises portent sur les eaux de surface (surtout les deux lacs), les eaux souterraines (les puits), les cultures, des terres agricoles, les forêts, les pâturages, la faune sauvage, les "zones de chasse" (figure 40). Les zones de chasse ne représentent pas des zones matériellement délimitées et consacrées à la seule chasse; elles concernent plutôt l'ensemble du paysage non habité.

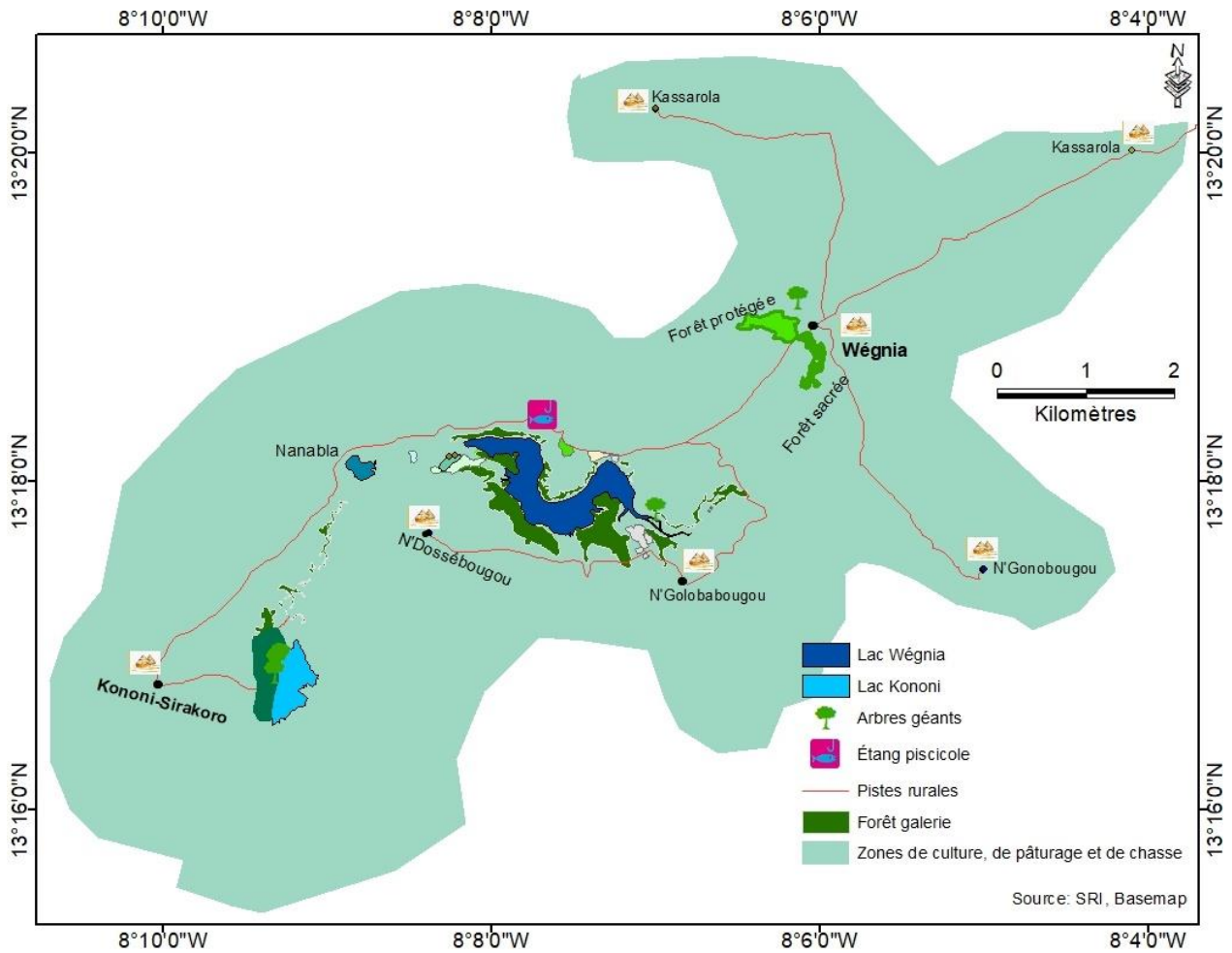


Figure 40. Les ressources naturelles des villages de Wégnia et Kononi-Sirakoro (source: SRI, 2017; adaptation cartographique: Magassa).

Aussi, les principales menaces qui influencent ces différentes ressources sont identiques dans les deux villages. Quant au degré de sévérité des menaces, il est relativement différent d'un village à l'autre (selon l'appréciation des deux communautés). La matrice de vulnérabilité des ressources (tableau 12) présente à l'horizontale (lignes) les ressources naturelles et à la verticale (colonnes) les menaces.

Il ressort de l'analyse de cette matrice que les menaces les plus sévères, en tenant compte de leur indicateur d'impact sur les ressources naturelles des villages riverains du lac Wégnia, sont la sécheresse, la déforestation, les feux de brousse et le surpâturage.

Tableau 12. Matrice de vulnérabilité des ressources des villages Wégna (W) et Kononi-Sirakoro (K) face aux menaces

Ressources naturelles	Menaces													
	Forte chaleur		Inondation		Sècheresse		Déforestation		Vents violents		Feux de brousse		Surpâturage	
	W	K	W	K	W	K	W	S	W	K	W	K	W	K
Les lacs (Wégna et Kononi)	2	3	0	0	3	3	3	2	2	1	3	3	2	3
Les eaux souterraines (les puits)	1	2	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Les forêts	2	3	0	0	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2
Les pâturages	2	2	0	0	3	3	2	3	0	0	3	3	3	3
La faune sauvage	0	1	3	2	3	3	3	3	2	1	2	3	2	2
Les terres de culture	1	2	2	3	2	3	2	3	1	2	2	0	0	0
Les zones de chasse	0	3	1	1	2	2	3	3	1	0	3	2	2	3
Indicateur d'impact	8	16	6	6	19	20	16	17	8	6	15	14	12	13

Source : nos enquêtes, avril-mai 2018).

6.1.3.3. Analyse de la vulnérabilité des moyens de subsistance face aux menaces

Les moyens de subsistance désignent ici les activités nécessaires à la production de biens et services pour assurer les conditions de vie à une communauté donnée (Boureima *et al.*, 2012). Pour analyser la vulnérabilité des moyens de subsistance des populations de la zone d'étude face aux menaces, nous avons utilisé comme dispositif de collecte de données le *focus group*. En vue de colliger des informations riches et diversifiées, quatre groupes spécifiques de discussion ont été constitués (cf. Méthodologie à la section 5.3.2, et 5.3.3). Chaque groupe était invité à énumérer ses moyens de subsistance et les principales menaces qui y pèsent. Ensuite, il était invité à estimer le degré de sévérité de chaque menace identifiée vis-à-vis du moyen de subsistance auquel elle correspond.

En choisissant ce dispositif, nous pensions que les moyens de subsistance seraient différents d'un groupe à l'autre, compte tenu des caractéristiques spécifiques (l'âge et le genre) de chaque groupe. Cependant, l'analyse des données a démontré qu'un bon nombre d'activités (moyens de subsistance) sont exercées autant par les hommes que par les femmes, indépendamment de leur âge. Il s'agit de l'agriculture pluviale (toutes spéculations confondues), du maraichage pratiqué en saison sèche, de l'élevage y compris l'aviculture, et même de la pêche. Les activités propres aux hommes se réduisent à l'artisanat, la chasse, et la plantation dans une moindre mesure. Quant aux femmes, elles s'occupent de façon particulière de la cueillette (ramassage des noix de karité par exemple) et relativement de la riziculture irriguée et de bas-fonds. Néanmoins, la constitution de quatre groupes de discussion nous a permis d'élaborer un tableau complet de moyens de subsistance et les menaces correspondantes, que nous n'aurions probablement pas eus si nous nous étions limités à un ou deux groupes.

Les menaces qui affectent les moyens de subsistance sont entre autres (tableau 13) : la dégradation des lacs Wégna et Kononi, les fortes températures, les vents forts/violents, le tarissement précoce des puits, l'insuffisance des pluies (sécheresse), l'insuffisance de pâturages, le mauvais état des routes. Une analyse du tableau 13, qui présente la matrice de vulnérabilité des moyens de subsistance des populations des deux villages, montre que la *dégradation des lacs Wégna et Kononi*, et *l'insuffisance de pluie* (sécheresse) sont des menaces qui influent directement ou indirectement sur presque tous les moyens de subsistance.

Tableau 13. Matrice de vulnérabilité des moyens de subsistance des populations riveraines du lac Wégnia et du lac Kononi face aux menaces

Moyens de subsistance	Menaces															
	Dégradation des lacs Wégnia et Kononi		Fortes températures		Tarisement précoce des puits		Insuffisance des pluies (sécheresse)		Mauvais état des routes		Insuffisance de pâturages		Coupe abusive de bois		Vents forts/violents	
	W	K	W	K	W	K	W	K	W	K	W	K	W	K	W	K
Riziculture irriguée	2	3	0	1	2	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Maraichage	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	0	0	1	0	0	0
Agriculture pluviale	0	0	1	0	0	0	3	3	1	2	0	1	1	0	2	3
Plantation	3	2	1	2	3	2	3	2	2	1	0	0	3	0	2	3
Élevage	3	2	0	1	3	2	3	3	1	0	3	3	1	0	0	0
Pêche	3	3	1	1	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	1	1
Chasse	3	2	0	1	0	0	2	3	0	0	1	0	3	2	0	0
Aviculture	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Cueillette	1	2	2	1	0	0	3	3	1	0	0	0	3	3	2	3
Petit commerce	2	3	0	0	2	2	2	2	3	2	0	2	0	1	1	1
Artisanat	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	3	3	0	0
Indicateur d'impact	20	19	8	10	14	12	27	24	12	8	4	6	16	9	9	11

W = Wégnia ; K = Kononi-Sirakoro (source : nos enquêtes, avril-mai 2018)

2.1.3.4. Dégradation des ressources du bassin du lac Wégnia : analyse des facteurs sous-jacents

Le complexe lacustre Wégnia-Kononi est important dans la vie des riverains. 98% des enquêtés, soient 98 personnes sur les 100 personnes qui ont répondu à notre questionnaire, disent l'avoir utilisé pour diverses activités ou besoins parmi lesquels le maraichage, l'élevage, la pêche, la riziculture, l'arboriculture, les besoins thérapeutiques, culturels et cultuels. Malgré cette importance, la structure biophysique de cet écosystème aquatique se détériore au fil du temps : envasement du lit constituant un bournier pour les animaux qui viennent s'abreuver dans le lac (Figure 42), érosion des berges, déboisement

des zones alentours, baisse du niveau d'eau (figure 41). La biodiversité est sévèrement entamée : disparition de certaines espèces fauniques (faune ailée, terrestre et aquatique) et végétales. Pour témoigner de l'envasement du lac Wégna, un habitant de Wégna, âgé de 66 ans, dit ceci :

« De nos jours, on peut circuler en voiture, même pendant la saison des pluies, là où on pêchait du poisson en 1991, l'année de la chute du président Moussa Traoré ».

En vue de comprendre les facteurs qui ont entraîné la dégradation du lac Wégna, nous avons retracé leur évolution historique avec les populations riveraines. Pour ce faire, la cartographie participative a été utilisée comme outil de collecte des données (cf. Méthodologie générale). Il ressort de l'analyse des données collectées que la situation actuelle du lac Wégna résulte de l'enchevêtrement de certains facteurs que l'on peut regrouper en deux ensembles indissociables : un contexte naturel défavorable et une utilisation anthropique non durable des ressources naturelles.



Figure 41. Le lac Wégna en saison sèche (source : nos clichés, mai 2018)



Figure 42. Le lac Wégnia en saison sèche avec peu d'eau au milieu de l'argile boueuse : un danger potentiel pour les animaux qui peuvent s'embourber en voulant s'abreuver (source : nos clichés, mai 2018).

6.1.3.4.1. Les facteurs naturels

L'analyse de la pluviométrie de la zone d'étude montre que le bassin du lac Wégnia est situé dans une zone climatique caractéristique d'un climat tropical avec une alternance d'années sèches et humides. L'année est rythmée par la succession de deux saisons bien distinctes : une courte saison pluvieuse, de 3 à 4 mois avec une moyenne pluviométrique d'environ 697,93 mm, et une longue saison sèche, de 8 à 9 mois. À cela s'ajoutent des températures moyennes annuelles élevées variant entre 16°C et 42°C. Ces conditions climatiques déjà sévères pourraient être un facteur déterminant dans l'appauvrissement et la dégradation des ressources du bassin du lac Wégnia. Un habitant de Wégnia, agriculteur et âgé de 49 ans, donne sa version :

« Je pense que la dégradation du lac Wégnia est liée à la sécheresse. Avant, il y avait une espèce végétale appelée "krôtô" qui entourait et protégeait naturellement le lac. Elle filtrait l'eau de ruissellement de ses éléments solides avant que celle-ci ne se dépose dans le lac. Mais cette espèce, du fait de la sécheresse, s'est desséchée et a disparu. »

Le témoignage de cet habitant corrobore, à certains égards, celui du chef de production agricole du service d'agriculture de Kolokani, M. Cissé :

« La première raison de la dégradation du lac Wégna, ce sont les changements climatiques ; la deuxième est l'occupation des terres situées dans le lit du lac par certains producteurs. Les deux sont liés parce que ce sont les changements climatiques qui ont fait que les producteurs, qui occupaient les zones hautes, sont descendus vers le lac à la recherche des conditions favorables à leurs activités. »

Les chefs de ménage que nous avons enquêtés abondent dans le même sens. Ils sont 90% (90 personnes sur 100) à penser que la sécheresse est l'une des principales causes de la dégradation du lac Wégna.

Intéressons-nous à la zone soudano-sahélienne (espace géographique où se situe la zone d'intérêt) et explorons la littérature scientifique quant aux effets des sécheresses sur les ressources en eau et la biodiversité. Selon Cissé 2016, la faiblesse et l'irrégularité des précipitations annuelles ainsi que leur mauvaise répartition spatio-temporelle contribuent à fragiliser l'environnement et les écosystèmes en Afrique de l'Ouest sahélienne. Ozer et Ozer (2005) confirment cette idée en postulant que les crises de sécheresse qu'a connues le Sahel dans les années 1970 et 1980 ont engendré une dégradation du couvert végétal du sol, une forte réduction de la biodiversité et une baisse des rendements culturels. Nombreux sont les chercheurs qui ont démontré les conséquences négatives de ces sécheresses sur les ressources en eau souterraine et de surface (Mahé *et al.*, 2002; Idrissi *et al.*, 2018; Ozer et Ozer, 2005). D'autres, comme Niasse et ses collaborateurs (2004), ont établi une relation entre la sécheresse et la désertification. Ils rappellent que la sécheresse endémique au Sahel, qui découle de la variabilité et des changements climatiques, agit comme phénomène « accélérateur » de la désertification qui, elle-même, contribue à la persistance de la sécheresse.

À la lumière de ce qui précède, il est évident que les facteurs naturels sont importants dans l'explication et la compréhension de la dégradation des ressources du lac Wégna. Cela ressort clairement dans les résultats de nos enquêtes auprès des populations concernées,

dans les données climatiques, et même dans la littérature. Mais, quelle est la part de l'être humain dans cette dégradation ?

6.1.3.4.2. Les activités humaines et leurs impacts sur le lac Wégna

Un certain nombre d'activités pratiquées par les populations riveraines du lac Wégna affectent ce lac et les ressources qui lui sont associées. Parmi ces activités, les principales sont l'agriculture, l'élevage, et l'exploitation forestière.

a. L'agriculture

D'après les communautés locales (80% des enquêtées), l'activité agricole a contribué au comblement du lac Wégna. Elles estiment que les mauvaises techniques agricoles (agriculture extensive) et l'expansion des champs céréaliers et maraichers jusqu'aux abords immédiats du lac (figure 43) ont occasionné des pertes de terres qui se sont finalement déversées dans le lac. Vachon (2003) disait que parmi toutes les activités humaines qui accélèrent l'envasement et augmentent la turbidité des cours d'eau, l'agriculture est de loin la plus importante.

Le maraichage, activité secondaire après l'agriculture pluviale et pratiqué par 65% des chefs de ménage (65 sur 100 personnes enquêtées), est important dans la zone d'étude. Mais, pour clôturer les jardins maraichers, les paysans utilisent généralement des branches d'arbres et d'arbustes ou de tiges de céréales (sorgho ou mil), faute de grillage métallique. Ces matériaux sont fragiles et rongés très souvent par des termites, et leur installation et entretien se renouvellent chaque année. En plus d'une certaine coupe de bois, les nombreux jardins maraichers, localisés dans le bassin, voire dans le lit du lac, sont abandonnés à la fin de la saison sèche. Ceci qui génère des détritiques qui sont charriés et déposés dans le lac ou parfois envahis directement en période des hautes eaux quand le jardin est très proche du lac (figure 43), contribuant ainsi à son envasement.

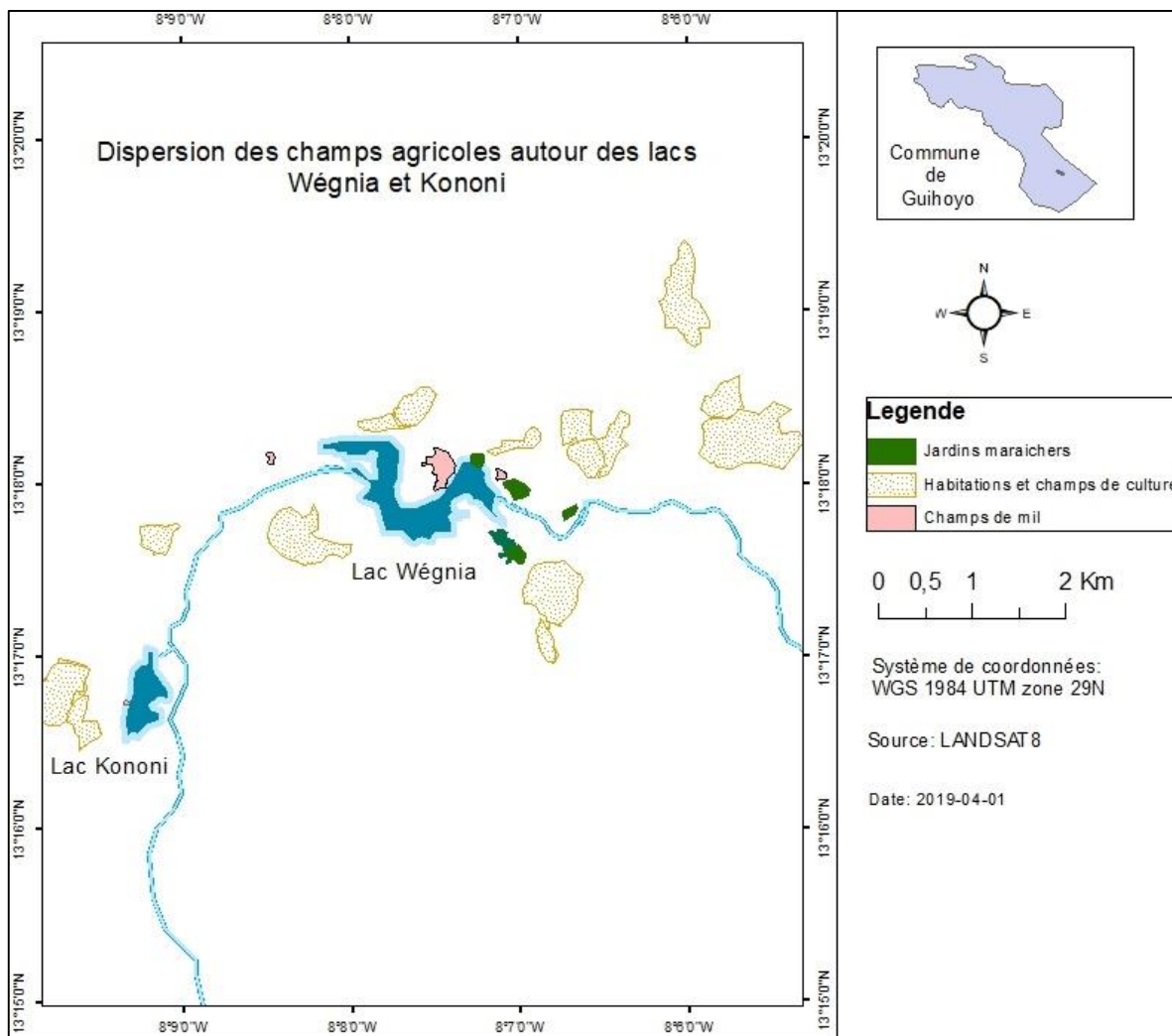


Figure 43. Présence des champs agricoles dans le lit du lac Wégnia (source : Landsat 8, projection WGS 1984 UTM, Zone 29N)

b. L'exploitation forestière

Dans la zone du lac Wégnia, les forêts sont exploitées de manière non durable en égard à certaines pratiques comme la coupe abusive de bois, l'écorçage des arbres ou les feux de brousse. Les populations locales coupent le bois pour répondre aux besoins domestiques en énergie et en services. Elles disent ne pas être impliquées dans la production du charbon de bois à but lucratif. Cette version est confirmée par Coulibaly (2013). En revanche, d'autres intervenants qualifiés « d'étrangers » se livrent à l'exploitation de la forêt à des fins purement commerciales. À la question de savoir si la

coupe incontrôlée et excessive de bois en cours dans la zone du lac Wégna peut avoir une conséquence sur ce lac, 72% des enquêtés (72 sur 100 personnes interviewées) ont donné une réponse positive.

Cependant, malgré quelques initiatives de reboisement sur instigation des ONG comme l'AMPEF (l'Association Malienne pour la Protection de l'Environnement et de la Faune), la pratique du reboisement visant à compenser les bois coupés n'est pas une pratique très courante. Certes, certains efforts ont été fournis par les acteurs locaux, avec l'accompagnement des services techniques responsables de la gestion des forêts, pour minimiser la coupe abusive de bois et les feux de brousse. Par exemple, la mise en place en 2008 de la convention locale de gestion durable des ressources agro-sylvo-pastorales dans trois communes riveraines du lac Wégna, que sont Guihoyo, Ouolodo et Tioribougou (Coulibaly, 2013). Il s'agit d'une convention intercommunale visant à rationaliser l'exploitation forestière, pastorale et faunique ; les défrichements et les feux de brousse. Sa mise en œuvre au niveau local est assurée par les brigades villageoises de gestion environnementale et par des comités communaux au niveau des communes. Une convention locale est un ensemble de règles définies et acceptées de façon consensuelle par les acteurs locaux afin de gérer une ou des ressources naturelles communes sur un espace partagé (Lavigne-Delville, 2009). Mais, ces initiatives, notamment celles portant sur la gestion forestière, sont parfois mises à rude épreuve par les exploitants « étrangers », qui bénéficient, selon certains acteurs locaux, de la complicité des agents des eaux et forêts pour exploiter illégalement les forêts. Un habitant de Wégna, âgé de 46 ans, donne son avis en ces termes :

« J'ai l'impression que le comportement des autorités est contraire à l'esprit de la brigade; car nous avons l'habitude de traduire certains exploitants de bois devant les autorités, mais ces mêmes personnes reviennent quelques jours plus tard pour continuer à couper le bois dans le même massif forestier ».

En fait, si le principe de la convention locale est pertinent, son effectivité n'est pas garantie parce qu'un accord a été négocié et signé par les acteurs locaux, mais dépend de nombreux autres facteurs (Lavigne-Delville, 2009) : (1) la volonté de l'État de mettre en

œuvre une véritable gestion décentralisée ; (2) la clarification des responsabilités communales ; (3) la perception par les acteurs de la nécessité réelle d'une régulation des ressources; (4) l'autonomie du processus d'élaboration de la convention, c'est-à-dire que le processus doit être mené du début à la fin par les acteurs locaux eux-mêmes; (5) le dépassement des contingences socio-ethniques dans l'accès aux ressources et la non-exclusion des "allochtones" dans la gestion de l'espace local, etc. En un mot, les conventions locales doivent construire le « vivre-ensemble » et transcender tout clivage social.

Concernant l'écorçage des arbres, il s'agit d'une pratique ancienne, mais, qui prend de l'ampleur ces derniers temps. Il consiste à enlever l'écorce de certains arbres, reconnus pour leur vertu médicale, pour l'utiliser dans la médecine traditionnelle. Selon 72% des chefs de ménage (72 personnes interviewées sur la centaine), cette pratique forestière, dont l'ampleur est probablement en lien avec l'augmentation de la population et de ses besoins, contribue à la déforestation.

Enfin, les feux de brousse (figure 44), phénomène récurrent dans cette zone, participent également de la destruction du couvert végétal et donc de la dégradation du lac Wégnia, selon 11% des enquêtés (soient 11 personnes sur la centaine interrogée). On remarque dès lors qu'autant les riverains reconnaissent les effets de la sécheresse dans la destruction de la végétation riveraine du lac, autant ils y reconnaissent leur propre responsabilité. Un habitant de Kononi-Sirakoro, qui n'a pas souhaité donner son âge, fait ce témoignage :

« Dans le temps, on mettait du feu au "Krôtô" lors des chasses collectives pour débusquer certains animaux sauvages. Au fil du temps, le krôtô a finalement disparu et avec lui les animaux qu'on chassait pour ne pas dire le lac lui-même ».

Rappelons que le Krôtô est une espèce végétale qui entourait et protégeait naturellement le lac. L'image suivante, prise dans le lit du lac Kononi, est une illustration de ce phénomène de feux de brousse.



Figure 44. Des traces de feux de brousse dans le lit du lac Kononi (source : nos clichés, mai 2018)

c. L'élevage

Selon le rapport 2011 du service d'élevage de Kolokani, cité par Coulibaly (2013), la taille du cheptel de la commune de Guihoyo est estimée à 26 480 têtes parmi lesquelles celles des villages riverains du lac Wégnia sont importantes. Ce cheptel se compose de bovins, ovins, caprins et asins.

En plus de ce cheptel local dont une partie s'abreuve dans le lac Wégnia, d'autres troupeaux transhumants (des dizaines) en provenance du nord et du nord-est (Nara, Dilly et Banamba) séjournent au bord de ce lac pendant une bonne partie de la saison sèche, créant ainsi une situation de surcharge des pâturages (Coulibaly, 2011; Coulibaly, 2013). Le surpâturage, découlant d'une forte densité de bétail broutant sur un même espace (surtout dans la zone soudano-sahélienne, comme c'est le cas ici), conduit à la dégradation de la végétation, à la compaction et à l'érosion du sol (Chasek, 1997; Blanfort *et al.*, 2011). Or, il est reconnu que la végétation de la « zone riparienne » ralentit le processus de sédimentation dans les cours d'eau par la rétention des particules et contribue à la stabilisation des berges (Heede et Rinne, 1990 ; Tabacchi *et al.*, 1998). Sa disparition

engendre une accélération des processus érosifs des sols, de la turbidité des eaux et un changement du régime hydrologique (crues soudaines et brutales liées à un fort ruissellement) (Lévêque et Paugy, 2006). Finalement, il se produit une accumulation des matières en suspension dans les eaux, et le dépôt de la boue dans les lacs et rivières, avec des conséquences néfastes sur la vie aquatique (Bruton, 1985). Un autre facteur important de dégradation (comblement) du lac Wégna est le piétinement des berges par les animaux qui viennent s’y abreuver (dans le cadre de l’élevage extensif), selon 45% des enquêtés, soit 45 chefs de ménage sur la centaine interrogée.

6.1.4. Les conséquences socio-économiques de la dégradation du lac Wégna

La dégradation biophysique du bassin du lac Wégna a eu des répercussions négatives sur les conditions de vie des populations riveraines (figure 45). Il s’agit entre autres de :

- ✓ La chute du nombre d’espèces d’oiseaux et d’animaux sauvages entraînant une baisse de revenus de la chasse ;
- ✓ La diminution des ressources halieutiques avec ses incidences au plan économique et nutritionnel ;
- ✓ La baisse de la nappe souterraine (les puits sont de plus en plus profonds et tarissent précocement en saison sèche) créant des difficultés d’approvisionnement en eau des ménages et d’entretien des cultures maraichères ;
- ✓ Des difficultés d’abreuvement des animaux domestiques (enfouissement des animaux dans l’argile boueuse du lac).

Nombreux (79% des enquêtés ou 79 chefs de ménage sur les 100 chefs de ménage interviewés) sont ceux qui disent avoir été affectés directement ou indirectement par cette dégradation, qui a même aggravé la faim selon certains (3%). Pour se faire une idée des mutations socio-économiques induites par le déclin de la pêche sur le lac Wégna, une habitante de Kassarola, âgée de 55 ans, dit ceci :

« Auparavant, les habitants du village de Wégna ne cultivaient pas, ils vivaient de la pêche sur le lac. Mais, là où nous sommes aujourd’hui, si tu ne fais pas du maraichage pendant la saison sèche ou si tu ne cultives pas la terre pendant la saison pluvieuse, tu ne vivras pas ».

Cette habitante souligne implicitement la baisse des avantages liés à l'activité de la pêche. En fait, en considérant une période relativement récente, la production halieutique passe de 30 tonnes/an à 3 tonnes/an entre 1983-1985 et 2011 (Coulibaly *et al.*, 2011) nécessitant ainsi la reconversion des habitants de Wégna, jadis pêcheurs, à l'agriculture. À la baisse de la production halieutique, s'ajoute la disparition quasi-totale de certaines espèces de poisson comme *Microthrissa sp.*

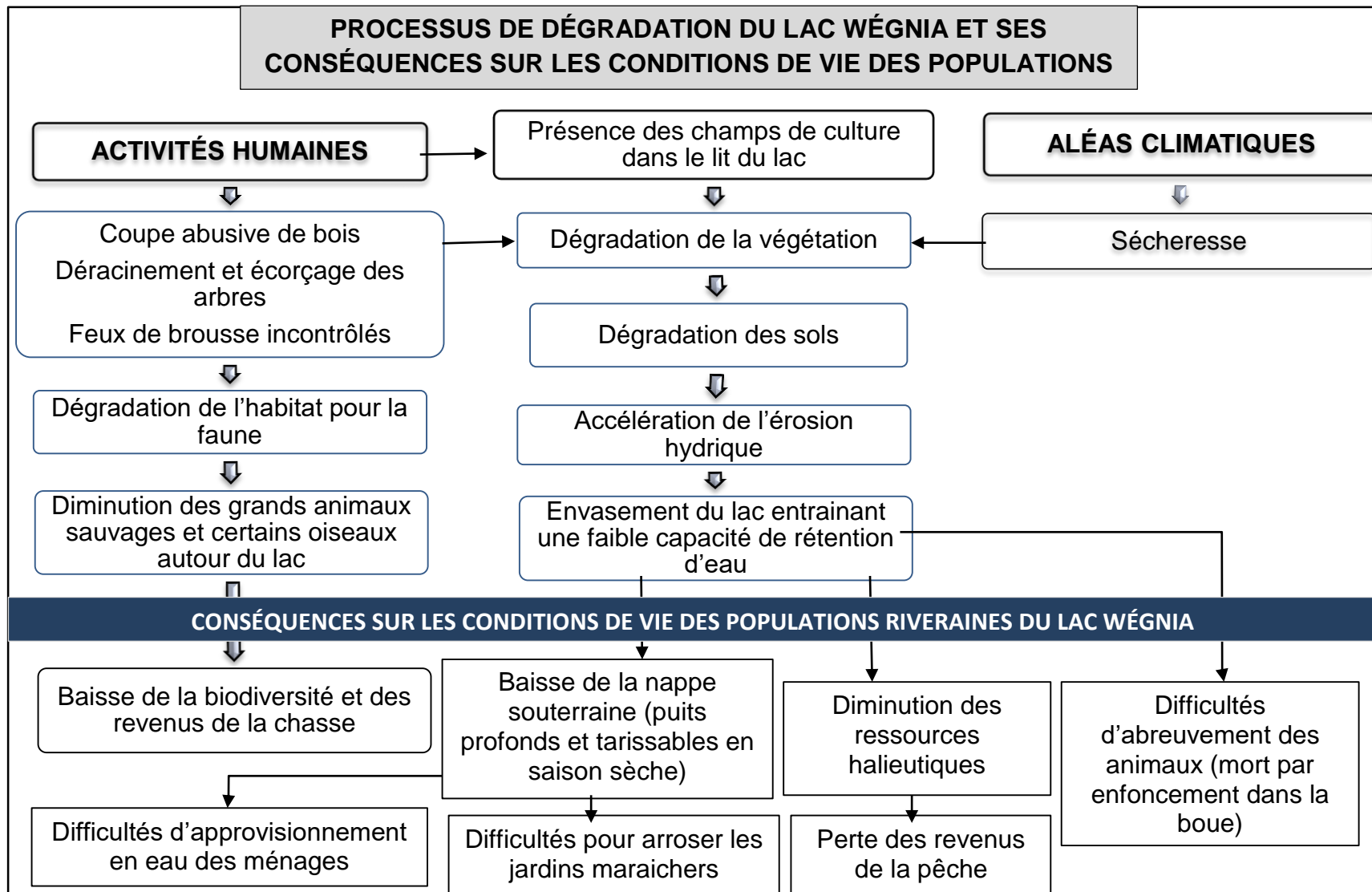


Figure 45. Dégradation du lac Wégnya et ses implications socio-économiques (source : nos enquêtes, avril-mai 2018).

Conclusion partielle

Les ressources naturelles de la zone d'étude sont soumises à un ensemble de menaces que sont entre autres la sécheresse, la déforestation (coupe abusive de bois), les feux de brousse et le surpâturage. Quant aux moyens de subsistance, elles subissent conséquemment des menaces. La dégradation du lac Wégna, la sécheresse, le tarissement précoce des puits, la coupe abusive de bois, l'état défectueux des routes, les températures élevées ou encore les vents violents sont des menaces identifiées qui pèsent sur les moyens de subsistance. Les plus « sévères » de ces menaces, à savoir la dégradation du lac Wégna et du lac Kononi et la sécheresse, affectent presque tous les moyens de subsistance.

S'agissant de la dégradation actuelle du bassin du lac Wégna, elle est le résultat de l'imbrication de deux principaux facteurs : les facteurs anthropiques et les facteurs climatiques. Cette dégradation a des incidences sur les conditions de vie des communautés riveraines et affecte de plus en plus leurs moyens de subsistance : baisse de la biodiversité, tarissement précoce des puits avec ses conséquences, risque de mortalité des bovins dont certains meurent par enfoncement dans l'argile boueuse du lac ou encore difficultés de faire du maraichage, etc. Face cette situation, quelles sont les actions alternatives préconisées par les communautés riveraines du lac Wégna ?

6.2. Les stratégies locales d'adaptation des populations riveraines du lac Wégna face aux changements climatiques

Devant les menaces climatiques ou à la suite d'événements climatiques extrêmes, les communautés riveraines du lac Wégna adoptent des stratégies pour survivre. Analysons ces stratégies pour déterminer si elles sont pertinentes dans un contexte de changements climatiques.

6.2.1. Perception des changements climatiques par les populations locales

En se focalisant sur leur expérience, les communautés riveraines du lac Wégna estiment dans leur grande majorité (90% des enquêtés, soient 90 parmi les 100 chefs de ménage interrogés) que les phénomènes atmosphériques observés de nos jours sont

différents de ceux qu'ils ont connus dans le passé. Selon elles, un certain nombre d'évènements climatiques vécus l'attestent. Il s'agit de l'augmentation de la fréquence des sécheresses (selon 42% des enquêtés, soient 42 chefs de ménage sur la centaine interviewés), la forte chaleur (8%), l'irrégularité du régime saisonnier des précipitations (14%), la modification de la direction du vent (10%), la forte insolation (2%), l'insuffisance des pluies (28%) et leur mauvaise répartition dans l'espace et le temps (1%).

À la question de savoir s'ils ont été affectés ces 10 dernières années par des événements climatiques sévères ayant causé des dommages, presque tous les enquêtés disent en avoir été victime au moins une fois. Les événements climatiques cités sont entre autres l'inondation (citée par 44% des enquêtés, soient 44 chefs de ménage sur la centaine interrogée), les vents violents (73%), l'arrêt précoce des pluies (87%), l'installation tardive de l'hivernage (90%), la sécheresse (98%), l'absence de rosée (1%).

Tous ces événements peuvent avoir des impacts négatifs sur les cultures. Or, l'activité principale qui occupe la quasi-totalité des chefs de ménages (96% d'entre eux) est l'agriculture. Celle-ci serait donc vulnérable aux changements climatiques. Mais, si de tels événements climatiques malheureux survenaient, quelles sont les stratégies que les populations locales adoptent pour tenir bon ?

6.2.2. Les stratégies d'adaptation existantes

Lorsqu'un événement climatique extrême survient et occasionne des dommages, les ménages font des ajustements en leur sein pour mieux résister, compenser les pertes ou minimiser leurs effets. Ces ajustements, qu'on peut appeler stratégie d'adaptation ou "stratégie de survie", permettent aux communautés locales de riposter au choc climatique sur les cultures pluviales. Pour connaître ces ajustements ou options d'adaptation, nous avons invité les enquêtés à répondre à la question suivante : que faites-vous pour résister et repartir à la suite d'un phénomène climatique extrême ayant entraîné des dégâts ? Les réponses données sont de typologies diverses. Elles s'articulent autour du maraichage, de la pêche, de la vente de bétail, du petit commerce, de la chasse, et de l'exploitation forestière (figure 46).

L'adoption de ces stratégies, qui dépendent dans une grande mesure des ressources naturelles, soulève deux questions essentielles : les options d'adaptation préconisées par les communautés locales sont-elles pertinentes face aux changements climatiques? Quelles sont les interactions de ces activités avec le lac Wégna? Nous allons analyser chacune de ces stratégies pour comprendre les menaces auxquelles elle fait face dans un contexte de changements climatiques et analyser en même temps ses rapports avec le lac Wégna.

6.2.2.1. Le maraichage : une stratégie d'adaptation basée sur les cultures de contre-saison

Les communautés riveraines du lac Wégna dépendent de l'agriculture pluviale pour leur subsistance. Mais, si les récoltes ne sont pas bonnes en raison d'un évènement climatique (extrême), ces communautés, dans leur grande majorité (88% des chefs de ménage interrogés soient 88 personnes sur les 100 personnes interviewées), pratiquent le maraichage comme stratégie alternative à la perte de récoltes. En réalité, pendant la saison sèche (de novembre-décembre à mai-juin), les cultures maraichères sont pratiquées habituellement par ces communautés et les cultures pluviales sont entretenues en saison des pluies (de juin-juillet à septembre-octobre). Cependant, si les récoltes sont mauvaises pour des raisons climatiques ou pour d'autres raisons, elles intensifient l'activité maraichère dans l'espoir de vendre les produits maraichers pour acheter les denrées alimentaires, notamment les céréales et tout autre produit pour répondre aux besoins des ménages. Anciennement reconnu comme une activité réservée aux femmes (Coulibaly, 2013), aujourd'hui, le maraichage occupe autant les femmes que les hommes. Différentes spéculations sont pratiquées, mais les principales sont : les choux, aubergines, tomates, oignons, piments, et accessoirement le riz irrigué.

L'activité maraichère connaît cependant des difficultés ou menaces (tableau 14) notamment le tarissement précoce des puits (pour l'arrosage des plantes). Selon les communautés locales, ce tarissement précoce des puits est en lien avec la faible capacité de rétention d'eau du lac Wégna, mais également avec la pluviométrie qui n'est pas toujours suffisante.

Une autre menace pour ce secteur demeure les fortes températures. En effet, avec des températures moyennes mensuelles variant entre 32,36°C au mois de mai et 24,27°C au mois de décembre (Harris *et al.*, 2014), les températures de la zone d'étude sont relativement élevées. Or, il est admis pour l'Afrique de l'Ouest qu'à l'horizon 2050, les températures moyennes seront plus élevées d'environ 2 à 3°C (Lemoalle *et al.*, 2014). Selon Hoegh-Guldberg et ses collaborateurs (2018), même si la température globale moyenne se maintient en deçà de 1,5 °C, les régions comprises entre 15° S et 15° N (incluant la zone d'étude) devraient connaître une augmentation du nombre de nuits chaudes, ainsi que des vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes.

Enfin, l'état défectueux des routes est un facteur limitant l'écoulement des produits maraichers vers les zones de consommation.

6.2.2.2. La pêche, la chasse, et l'exploitation forestière : des stratégies d'adaptation axée sur l'exploitation des ressources naturelles

Bien qu'elle ne soit plus une activité rentable en raison de la détérioration des ressources du lac Wégna et, par conséquent, de la baisse de captures de poissons, la pêche intéresse encore 32% des chefs des ménages. Les quelques prises que font les pêcheurs (dont beaucoup ne sont pas professionnels) leur permettent d'avoir un petit revenu, de satisfaisant, de temps à autre, les besoins nutritionnels de leur ménage ou de se procurer du poisson à moindres frais. Cette pêche est pratiquée sur les deux lacs (Wégna et Kononi) et les différentes mares connexes. Les menaces qui pèsent sur ce moyen de subsistance sont la dégradation du lac, notamment son envasement et l'insuffisance des pluies (tableau 2). Si rien n'est fait pour réhabiliter ces deux lacs, l'activité de la pêche pourrait être sévèrement affectée en égard aux projections climatiques au Mali.

Concernant la chasse, sur les 100 chefs de ménage enquêtés, seulement deux d'entre eux (2%) se disent être chasseurs. Selon une étude menée par la direction nationale des eaux et forêts en 2012, la chasse est exercée par les chasseurs résidents et par ceux du dimanche (des fonctionnaires ou non profitant de la journée fériée du dimanche pour faire

de la chasse). Toutes les espèces fauniques sont ciblées par ces chasseurs et les rares animaux abattus sont dépouillés, dépecés et la viande est soit consommée, soit vendue (DNF, 2012). Cette activité est en perte de vitesse du fait de la diminution des animaux sauvages au sein de l'espace étudié. Les animaux se font rares à cause de la dégradation du lac se traduisant par la diminution de sa capacité de stockage d'eau (selon 43% des enquêtés), et la destruction de leur habitat, notamment le couvert végétal (d'après 30% des enquêtés).

Quant à l'exploitation forestière, elle fait allusion à l'utilisation des ressources de la forêt : les espèces ligneuses et non-ligneuses. Ceci dit, la forêt a, pour la population sahélienne, une importance capitale, car le bois et son dérivé, le charbon de bois, restent la principale source d'énergie. Au Mali, ils satisfont entre 93 et 97% des besoins en énergie de la population rurale et urbaine (Benjaminsen, 1996). Liée à la croissance démographique et surtout à la croissance urbaine, la demande en bois-énergie est très forte aujourd'hui et un véritable secteur économique s'est structuré autour de l'exploitation, du transport et du commerce de bois-énergie (Ozer, 2004). Quant à l'exploitation du bois d'œuvre et de service, elles seraient également en pleine expansion (Benjaminsen, 1996).

Le phénomène n'épargne pas la zone du lac Wégna, même si les populations locales disent qu'elles ne sont pas impliquées dans la commercialisation du bois-énergie (coulibaly, 2013). Elles sont quand même 19%, c'est-à-dire 19 personnes sur les 100 répondants, à affirmer qu'ils se servent de la forêt pendant les années où les récoltes sont mauvaises. En clair, les communautés locales tirent profit de la forêt d'une tout autre manière, à savoir l'utilisation du bois de service et les produits non ligneux. Elles utilisent le bois de service pour les toitures (les maisons sont en banco⁷), les greniers, les perches et poteaux (pour la construction des hangars par exemple), les enclos à bétail, les clôtures des jardins maraichers. Si tout cela peut être considéré comme faisant partie de leur droit à satisfaire

⁷ Terre crue : pour construire les maisons en banco, on mélange la terre crue avec de l'eau, et souvent avec de la paille ou des excréments de bovins. Dans certains cas, on peut en faire des briques, dans d'autres on empile directement les mottes de terres pour confectionner sa maison.

leurs besoins locaux, que dire des productions artisanales? Les artisans locaux fabriquent et vendent des mortiers, pilons, escabeaux, dabas⁸, etc.

Les productions non ligneuses, qui assurent parfois un revenu non négligeable aux populations locales, concernent la cueillette, l'apiculture, la pharmacopée et la chasse. En somme, une forte pression est exercée sur les ressources forestières de la zone d'étude si l'on considère, en plus de tout ce qui précède, la satisfaction en bois-énergie des ménages et l'extension ou le défrichement des terres agricoles au détriment de la forêt. Toutes ces actions combinées pourraient contribuer à la dégradation de la forêt et, par ricochet, à celle du lac Wégna.

6.2.2.3. La vente de bétail et le petit commerce : des stratégies d'adaptation fondées sur la production de revenus monétaires

Les communautés riveraines du lac Wégna ont développé le petit élevage comme activité génératrice de revenus. Presque chaque ménage dispose d'un petit troupeau de petits ruminants (ovins, caprins) auquel s'ajoutent, dans certains cas, quelques têtes de bovins. Ainsi, pour satisfaire certains besoins monétaires (surtout en période de soudure), on vend une ou quelques têtes de petits ruminants. Cette pratique est assez répandue dans la zone d'étude et est utilisée pour diversifier les revenus et s'adapter aux impacts climatiques sur les cultures. Nombreux sont les chefs de ménage (71%) qui disent avoir eu recours à cette technique pour survivre (surtout en cas de mauvaises récoltes). Diversifier ses revenus serait une stratégie pour ne pas dépendre d'une seule activité, qui du reste, est soumise aux aléas climatiques. C'est ce que confirment Lay et ses collaborateurs (2009), selon lesquels les paysans sahéliens diversifient leurs activités pour éviter de dépendre d'une seule activité tributaire d'une pluviométrie assez aléatoire.

Concernant le petit commerce, il est pratiqué par un nombre relativement élevé de chefs de ménage (30%). Il porte sur divers produits : les produits maraichers, forestiers,

⁸ Houe à manche court utilisée par les agriculteurs pour faire le labour, le sarclage, bref la préparation du sol. On l'utilise également pour malaxer le banco avec de l'eau pendant la construction des maisons.

artisanaux et les produits de volaille. Certains disposent de petites boutiques pour vendre l'huile, les bonbons, le thé, le sucre ... Mais tout cela se fait en parallèle de l'activité agricole.

6.2.2.4. La migration : une stratégie d'adaptation bâtie sur le déplacement

La migration désigne le « *déplacement d'une personne ou d'un groupe de personnes, soit entre pays, soit dans un pays entre deux lieux situés sur son territoire. La notion de migration englobe tous les types de mouvements de population impliquant un changement du lieu de résidence habituelle* » (O.I.M, 2007, p. 47). La migration a diverses causes, mais dans le Sahel, la variabilité climatique est l'un des facteurs qui contribuent à l'intensification du phénomène. Selon Cissé et ses collaborateurs (2010), les migrations dans les pays du Sahel se présentent comme une stratégie visant à réduire et à gérer les risques liés au climat. Ils précisent que, même si la mobilité est une réalité ancienne dans cette région, elle semble connaître une accélération dans un contexte de dégradation de la pluie et semble devenue une stratégie d'adaptation aux aléas climatiques.

Dans le cas des communautés riveraines du lac Wégna, les migrations sont en grande partie liées à la pauvreté des ménages et à l'insuffisance des récoltes. 38% des chefs de ménage riverains du lac Wégna ont recours à ce phénomène migratoire. Est-il utile de rappeler que les communautés concernées sont occupées à plein temps pendant la saison des pluies. Mais, pendant la saison sèche, pour gagner un revenu complémentaire au revenu agricole, qui n'est pas toujours suffisant, certains se lancent dans l'activité maraichère et la plantation, d'autres restent au bord du lac pour pêcher quelques poissons (qui se font de plus en plus rares, à mesure que le lac se dégrade). D'autres encore décident de migrer en direction des grandes villes du Mali, de l'Afrique ou même hors de l'Afrique. À ce titre, la migration pourrait être considérée comme une stratégie d'adaptation aux conditions climatiques et environnementales.

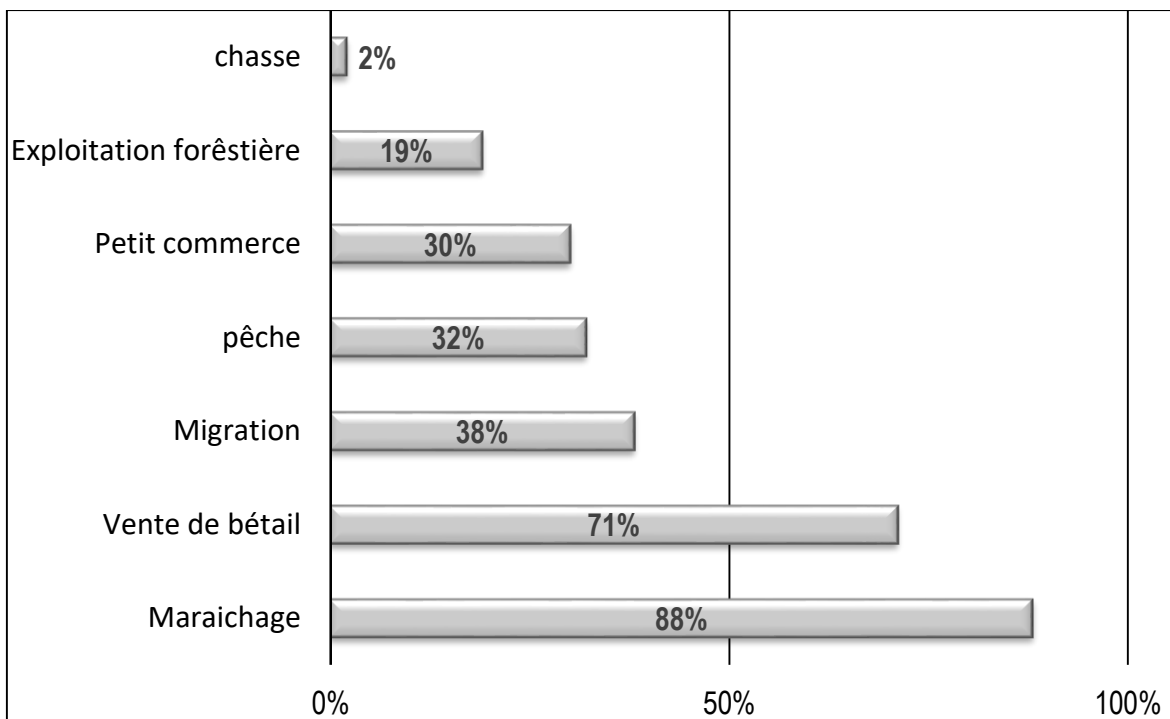


Figure 46. Réponses des enquêtés par rapport à leurs options d'adaptation face aux événements climatiques extrêmes (aléas climatiques entraînant des dommages) (source : nos enquêtes avril-mai 2018)

Conclusion partielle

À la suite d'un événement climatique extrême ayant occasionné des dommages, les ménages font des ajustements en leur sein pour mieux résister, compenser les pertes ou minimiser leurs effets. Ces ajustements ou stratégies d'adaptation s'organisent autour des activités suivantes : le maraichage, la pêche, la vente de bétail, le petit commerce, la chasse, et l'exploitation forestière. Mis à part la migration et le petit commerce (informel et non structuré), les autres stratégies d'adaptation ont un lien fort avec les ressources naturelles et peuvent potentiellement subir les impacts des variations du climat. Elles sont en réalité des stratégies permettant aux communautés locales de vivre quand l'agriculture pluviale donne de mauvais résultats. Elles permettent également d'acquérir des revenus supplémentaires. Le maraichage, la pêche, la chasse, l'exploitation forestière, et la vente de bétail (élevage) sont des moyens de subsistance ayant des interactions avec le lac Wégnia. Donc, ce lac est très important dans la vie de ses riverains. D'ailleurs, les enquêtés (90%

d'entre eux) ont reconnu avoir recours, d'une manière ou d'une autre, aux services écosystémiques de ce lac, surtout pendant les années de déficit pluviométrique. Le lac Wégnya se place donc au cœur des stratégies locales d'adaptation aux changements climatiques.

Tous les moyens de subsistance étant désormais connus, ainsi que les menaces qui pèsent sur eux, quelles sont donc les meilleures réponses que les communautés concernées proposent vis-à-vis de chaque menace?

6.3. Choix de meilleures stratégies locales d'adaptation des moyens de subsistance face aux menaces, identification des parties prenantes, et élaboration du plan d'action

6.3.1. Les meilleures stratégies locales d'adaptation des moyens de subsistance face aux menaces

Face aux effets climatiques, la résilience des communautés locales doit être construite sur la base des initiatives et innovations locales d'adaptation aux risques et aux menaces (Boureima *et al.*, 2012). C'est dans la perspective d'identifier ces initiatives et innovations qu'il a été demandé à chacun des quatre groupes de discussion (cf. section 5.3.3.) de proposer les meilleures stratégies d'adaptation par rapport aux menaces qui pèsent sur ses moyens de subsistance. Ainsi, les informations relatives à la vulnérabilité des moyens de subsistance face aux menaces, contenues dans le tableau 13, ont été utilisées pour compléter le tableau 14. Ce dernier tableau fait la synthèse des meilleures stratégies d'adaptation des moyens de subsistance des populations riveraines du lac Wégnya face aux différentes menaces. Il présente les moyens de subsistance dans la première colonne, les menaces dont ceux-ci font l'objet dans la deuxième colonne, et les stratégies d'adaptation qui correspondent à ces menaces dans la troisième colonne. Une lecture par ligne de ce tableau permet de lier les moyens de subsistance aux menaces et de relier celles-ci aux meilleures stratégies d'adaptation.

Après avoir fait la liste des meilleures stratégies d'adaptation, celles dont nous avons la possibilité de mettre en œuvre ont été choisies (faisabilité). Ce choix a donc été fait par les parties prenantes à la suite de la restitution des résultats de l'analyse des données. Trois stratégies ont été retenues : la plantation d'arbres autour des deux lacs (Wégna et Kononi), l'installation des cordons pierreux au travers les ravins autour des lacs, et la construction d'un étang de pisciculture. Pour leur mise en œuvre, un plan d'action a alors été élaboré. Dans la section suivante, nous précisons le bien-fondé de ces stratégies. Mais avant, analysons les acteurs de la gouvernance du lac Wégna et déterminons la responsabilité de chaque acteur.

Tableau 14. Matrice des stratégies locales d'adaptation des moyens de subsistance face aux menaces

Moyens de subsistance	Menaces	Stratégies d'adaptation
Maraichage	Tarissement des puits	Curage permanent des puits
	Sécheresse	Planter des arbres, éviter la coupe abusive de bois et les feux de brousse
	Mauvais état des routes (difficultés d'écoulement des produits maraichers)	- Réparer collectivement les routes ; - Évacuer les produits avec des charrettes à traction animale
	Parasites des plantes	- Utiliser les fongicides appropriés (demander conseil auprès des services techniques)
	Comblement du lac Wégna et Kononi (tarissement précoce des puits, puits profonds)	- Surcreuser le lac - Planter des arbres et construire des cordons pierreux autour du lac - Éloigner les champs du lac (les amener sur les zones hautes)
Agriculture pluviale	Sécheresse et érosion des sols	Promouvoir l'agroforesterie et adopter des mesures antiérosives (cordons pierreux, haie vive...) Utiliser les variétés précoces Écouter et appliquer les informations agro-météorologiques

	Faible accès aux engrais chimiques	Utiliser la fumure organique et entretenir des compostières. Commencer l'entretien des champs à temps
Plantation	Insuffisance pluviométrique Baisse de la nappe souterraine (puits profonds)	Curage régulier des puits
	Feux de brousse et coupe de bois	Respecter la réglementation en vigueur et renforcer le rôle de la brigade de surveillance de l'environnement
Élevage	Épidémies	Avoir recours aux soins vétérinaires ; préparation de foin à base de sel et d'herbe
	- Dégradation du lac Wégna (difficultés d'abreuvement et d'alimentation des animaux ; - Insuffisance de pâturages	- Aménager un site pour l'abreuvement des animaux - Protéger les pâturages des feux de brousse (surveillance environnementale)
Pêche	- Envasement du lac - Insuffisance d'eau et de poissons dans le lac	- Surcreuser le lac pour augmenter sa capacité de rétention d'eau - Planter des arbres tout autour du lac - Construire des cordons pierreux au travers les ravins pour restaurer les sols érodés et lutter contre l'érosion hydrique autour du lac - Construire un barrage de retenue d'eau - Empoissonner le lac et/ou construire des étangs piscicoles pour l'élevage des poissons - Gérer l'activité pêche
Chasse	- Sécheresse - Disparition de la faune - Chasse illégale	- Reboiser suffisamment les zones alentour du lac pour reconstituer la forêt (l'habitat de la faune) - Interdire formellement les feux de brousse et la coupe non durable de bois - Rationaliser la chasse en respectant les règles
Cueillette	- Insuffisance de pluie - Dégradation du lac Wégna - Écorçage des arbres	- Maintenir le couvert forestier - Protéger les espaces boisés contre les feux de brousse et la coupe abusive - Protéger davantage les arbres fruitiers comme le karité, le Néré...

		- Renforcer le rôle de la brigade de surveillance environnementale par une bonne collaboration avec les services des eaux et forêts.
--	--	--

Sources : nos enquêtes, avril-mai 2018

6.3.2. Analyse des acteurs de la gouvernance du lac Wégna

Un certain nombre d'acteurs interviennent dans la gouvernance de la zone humide du lac Wégna. Il s'agit de l'État, des collectivités territoriales, des populations locales et des organisations non gouvernementales (ONG) (Coulibaly 2013). On peut appeler ces acteurs, les "parties prenantes". Par parties prenantes, nous entendons des individus, des groupes ou institutions qui expriment un intérêt quelconque pour les ressources naturelles du site du projet, et qui peuvent potentiellement être touchés ou affectés par les activités liées à l'exécution de ce projet ou qui peuvent gagner ou perdre quelque chose en cas de changement de conditions (DEC, 2012). Nous décrivons succinctement le rôle et les responsabilités de chacun d'entre eux en nous inspirant des travaux de Coulibaly (2013) et de notre expérience terrain.

a. L'État

L'État, à travers ses services techniques déconcentrés, joue le rôle de contrôle, d'appui-conseil et d'intervenant direct dans la protection et la gestion des ressources naturelles de la zone humide du lac Wégna. Dans ces rôles, il est représenté notamment par l'administration locale déconcentrée (la préfecture de Kolokani) ; la direction nationale des eaux et forêts à travers le Plan d'Action de gestion des Zones humides « PAZU » et le Cantonnement des Eaux et forêts de Kolokani.

b. Les collectivités territoriales

La Loi n°2017-051 du 02 octobre 2017 portant code des collectivités territoriales confère aux collectivités locales la responsabilité de gérer les affaires relevant de leur domaine de compétence, notamment celles relatives au développement économique, social et culturel. Dans le cadre de cette loi et en vertu de ses articles 22 et 95, la gestion du lac Wégna relève de la compétence du conseil communal de Guihoyo, dans les limites territoriales duquel se trouve le lac Wégna, et du conseil de cercle de Kolokani. Ils interviennent dans la gestion des ressources du bassin de ce lac en initiant et en exécutant des projets. Et conformément à leurs prérogatives que leur confère la loi susmentionnée, le conseil communal et le conseil de cercle doivent être consultés pour avis avant l'exécution de tout projet ou programme concernant la gestion du lac Wégna. Toutes les communes riveraines du bassin du lac Wégna (Ouolodo, Guihoyo et Tioribougou) intègrent dans leur plan de développement économique, social et culturel (PDESC) la gestion des ressources du bassin du lac Wégna. Toutefois, l'application effective de ce plan sur le terrain est timide en raison du manque de moyens financiers.

c. Les communautés riveraines du lac Wégna

Les communautés locales sont associées à la prise de décisions concernant la gestion des ressources du lac Wégna grâce à leurs représentants au sein du conseil communal. La mise en place en 2002, avec l'appui du PAZU, des comités et brigades de surveillance de l'environnement témoignent de leur participation concrète à la gestion des ressources de la zone humide du lac Wégna (Coulibaly, 2013). Structure de proximité, composée de femmes et d'hommes, ces brigades veillent à la protection et la sauvegarde de leur environnement en faisant respecter des normes qui sont connues de tous comme la coupe abusive de bois, les feux de brousse, etc.

Il convient de noter que l'État et les collectivités territoriales (autorités administratives) ont été officiellement informés de la conception et de l'exécution de notre projet de thèse. Mais, si l'État et les collectivités territoriales ont été simplement informés du processus de la gestion adaptative du lac Wégna, les communautés locales en ont été les véritables actrices. Ce sont elles aussi qui sont en contact direct avec ce lac et qui

l'utilisent pour la satisfaction de leurs besoins quotidiens. Leur implication dans le présent projet a été totale. En effet, si certaines décisions étaient prises en groupe restreint, le reste de la population était informé de nos actions grâce aux remontées d'information des participants et aux assemblées générales villageoises. La participation des communautés concernées à nos activités était fondée sur le volontariat et l'esprit de préservation de l'intérêt collectif. Le groupe restreint de parties prenantes était composé de :

- ✓ Des chefs de village ou/et leurs conseillers (selon leur disponibilité),
- ✓ Du président de l'association des pêcheurs,
- ✓ Des représentants des associations des femmes et celles des hommes,
- ✓ D'un représentant des brigades de surveillance environnementale.

Rappelons que dès le départ, nous sommes partis de l'idée que ces populations, étant en contact permanent avec le lac Wégna, elles le connaissent bien. Par conséquent, elles sont capables d'identifier des menaces qui y pèsent et proposer des solutions durables. Leur participation a été manifeste durant tout le cycle de la gestion adaptative de ce lac. Elles ont participé à: (1) l'identification des problèmes; (2) la définition des objectifs prioritaires, le choix des meilleures stratégies d'adaptation; (3) la détermination des mesures ou activités spécifiques pour atteindre les objectifs définis et la proposition des hypothèses alternatives; (4) l'élaboration, l'implémentation et l'évaluation du plan d'action. Leur connaissance écologique traditionnelle a été déterminante dans le processus.

d. Les organisations non gouvernementales (ONG)

Les ONG interviennent sous différentes formes dans la gestion du lac Wégna. Certaines initient et mettent en œuvre des projets avec les acteurs locaux, d'autres se contentent de les accompagner dans leurs projets de développement à travers le renforcement de leurs capacités. Elles ont été des partenaires sur le terrain dans la mise en œuvre de notre plan d'action. Par exemple, avec l'ONG AMPEF, nous avons exécuté le volet reboisement de notre plan d'action.

6.3.3. Élaboration du plan d'action pour la gestion adaptative du lac Wégna

Dans le cadre de l'élaboration du plan d'action et en collaboration avec les communautés locales concernées, trois (3) objectifs de gestion ont été définis :

- ✓ Protéger l'écosystème du lac Wégna,
- ✓ Créer des sources de revenus pour les populations locales,
- ✓ Mettre en place des instances de gestion du lac Wégna.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs activités ont été proposées, mais nous sommes partis du principe qu'il faut choisir des activités, aussi petites soient-elles, que nous pouvons mettre en œuvre sans compter nécessairement sur l'aide d'un intervenant extérieur, et que l'action vaut mieux que l'inaction. Sur la base de ce principe, trois principales activités ont été identifiées (tableau 15). Il s'agit de la restauration des parties érodées du sol autour du lac Wégna par la construction des cordons pierreux; la plantation d'arbres ; et la construction d'un étang de pisciculture. Enfin, un comité de gestion a été mis en place pour le suivi des réalisations.

Tableau 15. Plan d'action de la gestion adaptative du lac Wégnia

Objectif général : contribuer, dans un contexte de changements climatiques, à une meilleure gestion du lac Wégnia afin d'assurer aux populations riveraines un développement durable								
Plan d'action								
Objectifs	Activités	Responsables / intervenants	Moyens à utiliser	Échéancier	Résultats attendus	Critère de suivi	Résultats obtenus	Explication des écarts
1. Protéger les bords du lac Wégnia contre l'érosion hydrique	Planter 30 000 plants autour du lac Wégnia	Populations riveraines, l'ONG AMPEF et le chercheur (nous-mêmes)	- Charrettes - Dabas - Calebasses ou tasses	Du 1 ^{er} au 31 août 2018	En mars 2020, au moins 50% de ces plants sont vivants	Passage quotidien sur les sites reboisés des membres du comité de suivi	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
	Restaurer les parties érodées	Populations riveraines et le chercheur	- Charrettes; - Daba; - Niveau à eau	D'avril à mai 2019	En mars 2020, au moins des traces de comblement des ravins sont visibles	Visite de terrain	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
2. Assurer une source de revenus aux populations riveraines	Réaliser un étang de pisciculture (à Wégnia)	Les membres de la coopérative multifonctionnelle de pêche de Wégnia et le chercheur	- Main-d'œuvre locale fournie par la coopérative - Appui financier du chercheur	- Mars 2019 (réalisation de l'étang) ; -Septembre Mise en eau des alevins	Production de 40 à 50 kg/ semestre, soient 90 kg/ an	- Pesage des poissons avant leur mise en eau ; - Contrôle de la couleur de l'eau ; - Contrôle de l'odeur de l'eau de l'étang ;	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

						- Comportement des poissons dans l'étang ; - Pesage des poissons adultes à la récolte		
3. Mettre en place un Organe de Gestion adaptative du Lac Wégna	Mettre en place un comité de 6 membres dont 3 femmes	Populations riveraines	Réunion villageoise pour une désignation consensuelle des membres du comité	Du 1 ^{er} au 15 sept 2018	En mars 2020, le comité est mis en place et est fonctionnel	- Rapport des activités, - sondage auprès des populations	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

Chapitre 7. La deuxième phase de la gestion adaptative du lac Wégénia: la mise en œuvre du plan d'action et de suivi

En prélude à la mise en œuvre des activités, certaines dispositions doivent être prises (Cohen *et al.*, 2015; Rist *et al.*, 2013):

- La constitution d'une équipe devant procéder à la mise en œuvre des activités ;
- La vérification de la pertinence et de la faisabilité de la gestion adaptative ;
- La prise en compte des autorisations administratives nécessaires, et la prévision d'un plan de communication pour s'assurer de l'engagement et de la participation constante des acteurs concernés.

Pour ce qui est du suivi, dans le cadre de la gestion adaptative, il est une activité continue visant à produire des données pour évaluer les interventions de gestion (Parks, 2011). Trois aspects sont à surveiller (Murray et Marmorek, 2003):

- Le suivi de la mise en œuvre pour s'assurer que les activités ont été entreprises,
- Le suivi des indicateurs pour savoir si les activités ont fonctionné ou atteint les objectifs initiaux, et
- Le contrôle des indicateurs pour tester d'autres hypothèses pour les incertitudes clés.

En effet, après la constitution d'une équipe de mise en œuvre et l'obtention des autorisations administratives et traditionnelles requises, des activités jugées écologiquement efficaces pour la conservation et la protection du lac Wégénia, et pour l'amélioration des conditions de vie des populations riveraines ont été mises en œuvre. Il s'agit de :

- La plantation d'arbres autour du lac Wégénia pour lutter contre l'érosion des sols, reconstituer la forêt riveraine (habitat pour la faune), et fournir aux populations des services écosystémiques divers et variés (fruits, feuilles, miel, etc.) ;
- L'élevage des poissons en étang en vue de développer la pisciculture dans la zone humide du lac Wégénia et diminuer probablement la pression de pêche sur ce lac ; et

- La construction des cordons pierreux au travers les ravins autour du lac Wégna pour restaurer les sols dégradés et lutter contre l'érosion hydrique.

Comment ces activités ont-elles été mises en œuvre ? Qui sont les acteurs impliqués dans chacune de ces activités? En quoi leur mise en œuvre contribue-t-elle à la réduction de la vulnérabilité des populations riveraines dans un contexte de changements climatiques? Nous cherchons à donner une réponse à ces interrogations en analysant chacune des activités. Mais, des précisions sont d'abord données sur les ressources (financières et humaines) disponibles pour la réalisation desdites activités.

7.1. Les ressources financières et humaines disponibles pour la mise en œuvre du plan d'action

Pour faire face aux dépenses liées à cette étude, y compris la mise en œuvre du plan d'action, nous disposons d'un budget global de recherche d'un montant de 20 000 dollars, soient 8 600 000 FCFA. Ce budget a servi à financer grosso modo tous les frais liés à l'achat de matériels (dictaphone, appareil photo, GPS), au déplacement du chercheur (y compris les billets d'avion et les déplacements sur le terrain), et à la mise en œuvre de toutes les activités menées dans le cadre de la présente étude.

Sur le terrain, les participants aux groupes de discussion ont reçu une petite compensation financière d'une valeur de 3000 FCFA (environ 7 dollars canadiens), soit l'équivalent d'une journée de travail de certaines catégories d'acteurs au Mali, pour couvrir leurs frais de déplacement. Mais, pour la mise en œuvre du plan d'action, la participation des communautés locales était bénévole et se faisait au nom de l'intérêt collectif. Toutefois, au cours de chaque activité, un repas leur était offert.

7.2. La plantation d'arbres autour du lac Wégna

7.2.1. Objectif

La plantation de 30 000 plants autour des lacs Wégna et Kononi vise à stabiliser les berges de ces lacs en réduisant l'érosion (hydrique et éolienne). Elle permettra de reconstituer la forêt riveraine, l'habitat pour la faune. Elle contribue finalement au

ralentissement du processus d’envasement des lacs concernés. L’activité de plantation a été réalisée en aout 2018, et il était prévu qu’en mars 2020, au moins 50% des arbres plantés sur les différents sites de reboisement seraient vivants. En plus de cet objectif de protection des lacs, s’ajoute celui de fournir divers services écosystémiques aux populations riveraines tels que les fruits, les feuilles, etc.

7.2.2. Espèces de plants et les sites de plantation ciblés

En collaboration avec les communautés riveraines concernées et une ONG locale, AMPEF⁹, 31 340 plants ont été plantés au bord des lacs Wégna (11660 plants) et Kononi (19680 plants) sur des parcelles estimées à cinq hectares (5 ha). Le nombre d’arbres plantés et leur répartition par espèce et par village sont détaillés dans le tableau 16.

Le site de plantation des plants a été indiqué, pour l’occasion, par les riverains eux-mêmes. Ainsi, les espaces (endroits) dégarnis d’arbres, y compris certains champs de culture en bordure des lacs, étaient ciblés pour ce reboisement.

Tableau 16. Répartition des plants par espèce et par village, et les différents services écosystémiques qu’ils peuvent procurer aux populations locales

Villages	Noms scientifiques des types d’arbres plantés	Noms bambaras des types d’arbres plantés	Nombre d’arbres plantés	Services écosystémiques
Wégna	<i>Khaya senegalensis</i>	Jàla	1250	Utilisé dans la médecine traditionnelle: écorces, feuilles, racines (2)
	<i>Tamarindus indica</i>	ntɔmi	1950	Utilisé dans l’alimentation locale : feuilles, pulpe de la graine (1)
	<i>Parkia biglobosa</i>	nɛrɛ	3840	Utilisé dans l’alimentation locale : graine et pulpe de la graine (1)

⁹ Association malienne pour la protection de l’environnement et de la faune

	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	mentolaton yirini	4320	Production de bois de feu, de perches et poteaux, de bois d'œuvre et de service (4)
	<i>Azadirachta indica</i>	jirikunanin	300	Utilisé pour produire des insecticides et pour ses vertus thérapeutiques (3)
Total			11660	
Kononi-Sirakoro	<i>Adansonia digitata</i>	nsira	1750	Utilisé dans l'alimentation locale : feuilles, graine et pulpe de la graine (1)
	<i>Parkia biglobosa</i>	nere	4250	
	<i>Khaya senegalensis</i>	Jàla	3680	
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	mentolaton yirini	5700	
	<i>Tamarindus indica</i>	ntomi	3800	
	<i>Azadirachta indica</i>	jirikunanin	500	
Total			19680	

(1) Millogo-Rasolodimby et Guinko (2006); (2) Soha *et al.* (2019)
(3) Ghedira et Goetz (2014); (4) Boulmane *et al.* (2017)

7.2.3. La participation des communautés riveraines

Le nombre élevé de plants et l'indisponibilité des populations riveraines, occupées par les travaux champêtres, nous ont amenés à fixer un calendrier particulier pour l'exécution de cette activité de reboisement. De commun accord avec ces communautés, les vendredis (leurs jours de repos hebdomadaire) ont été choisis pour réaliser ladite activité. A cet effet, tous les vendredis, hommes et femmes, venant de tous les villages et hameaux riverains du lac Wégna et du lac Kononi, convergeaient vers les secteurs à reboiser autour des deux lacs (figure 47).

Les femmes, en pratiquant de petites activités économiques d'appoint en lien avec le lac (par exemple, le maraichage ou le commerce de poissons), pourraient être vulnérables aux changements climatiques. En conséquence, elles doivent être concernées par toutes les questions relatives à la gestion des ressources naturelles, notamment celles du lac Wégna.

Ainsi, elles ont pleinement participé à nos enquêtes au cours desquelles elles ont exprimé leur point de vue sur la gestion des deux lacs. De même, elles ont activement participé aux activités de reboisement (figure 47). Venues de tous les villages riverains, même les plus reculés, elles apportaient les plants aux hommes qui se chargeaient de les planter.



Figure 47. Participation des hommes et des femmes aux activités de reboisement autour du lac Wégna (source : nos clichés, 2018)

7.2.4. Contribution de l'activité "reboisement" à la réduction de la vulnérabilité des riverains

Les espèces plantées ont été choisies pour les nombreux services écosystémiques qu'elles sont susceptibles de procurer aux populations locales. Au plan nutritionnel, par exemple, les graines fermentées de *Parkia biglobosa* sont riches en protéines et la pulpe de ses graines est riche en vitamines A, B1, B2, C, et contient 60% de sucre (Millogo-Rasolodimby et Guinko, 2006). Selon les mêmes auteurs, les feuilles de *Tamarindus indica*

pilées servent d'édulcorant pour aciduler la pâte de céréale. La pulpe recouvrant ses graines contient de la vitamine C et permet la fabrication d'une boisson rafraîchissante.

En outre, il est reconnu que la végétation bordant les cours d'eau ralentit le processus de sédimentation dans ces cours d'eau en contribuant à la rétention des particules et en stabilisant les berges à travers son système racinaire (Heede et Rinne 1990 ; Tabacchi *et al.* 1998). Aussi, les arbres et arbustes amortissent la force des pluies, réduisent de façon significative l'érosion éolienne, freinent la vitesse ruisselante de l'eau (en constituant un obstacle naturel), permettent l'infiltration de l'eau dans le sol, et ralentissent l'évaporation de l'humidité du sol (Vlaar, 1992). On peut noter enfin que la structure d'un sol portant une végétation s'améliore nettement en raison de l'abondance de matière organique (Wiersum, 1986; Young, 1989).

Ainsi, cette plantation d'arbres autour du lac Wégna et du lac Kononi a de multiples avantages pour les populations riveraines. Elle contribue à la réduction de la vulnérabilité de leurs moyens de subsistance car, elle permet de protéger le lac Wégna. Et, grâce aux nombreux services écosystémiques qu'elle procure aux riverains (par exemple les fruits ou les feuilles comestibles et commercialisables), elle améliore directement leurs conditions de vie et contribue à la réduction de l'insécurité alimentaire.

7.2.5. Le Suivi

Composé de 6 personnes (3 femmes et 3 hommes), le comité de gestion adaptative est chargé de veiller à la protection des sites de plantation contre la divagation des animaux et d'autres prédateurs, et doit visiter quotidiennement ces sites (matin et soir) pour surveiller le développement des arbres plantés.

7.3. La pisciculture au bord du lac Wégna : construction d'un étang piscicole et production de poissons

Dans le cadre de la mise en œuvre de la gestion adaptative du lac Wégna, il a été décidé de réaliser un étang piscicole en vue de développer la pisciculture dans la zone d'étude. Rappelons qu'un étang piscicole est une étendue d'eau stagnante, artificiellement

retenue, renouvelable soit totalement ou en partie à un intervalle de temps variable et destinée à l'élevage des poissons (Balvay, 1980).

7.3.1. Objectif et pertinence de la pisciculture en étang

L'idée de mettre en place un projet de pisciculture a germé lors des entretiens que nous avons réalisés auprès des populations locales en avril et mai 2018. Deux options visant à promouvoir la production piscicole du lac Wégna avaient émergé : ensemercer le lac et/ou développer l'élevage contrôlé des poissons dans les étangs. Après avoir discuté avec les parties prenantes, notamment avec les membres de la coopérative multifonctionnelle de pêche de Wegnia, la construction d'un étang de pisciculture a été préférée à l'empoissonnement du lac. En fait, l'empoissonnement du lac nous a paru une activité incertaine compte tenu des grands changements biophysiques que le lac a subis ces derniers temps. De même, le suivi et l'évaluation d'une telle activité pourraient être techniquement difficiles à mettre en œuvre. C'est pourquoi nous avons opté pour la pisciculture en étang, qui permettrait de :

- ✓ Créer une source de revenus pour les populations riveraines du lac Wégna,
- ✓ Diminuer éventuellement la pression de pêche sur ce lac ;
- ✓ Servir d'exemple ou de modèle à partir duquel les populations locales peuvent s'inspirer et probablement le reproduire soit individuellement ou collectivement.

Faisant partie du plan de gestion adaptative du lac Wégna, la pisciculture est une option qui privilégie l'apprentissage social par l'implication, dès le départ, des populations locales et surtout les membres de la coopérative multifonctionnelle de pêche de Wégna. Cette coopérative, qui est une association regroupant à la fois des pêcheurs et non pêcheurs, a été chargée par les acteurs locaux de gérer ce projet piscicole. Dirigé par un président, ce groupement compte une cinquantaine de membres.

Après la réalisation de l'étang, les activités d'élevage de poissons ont été menées et le suivi a été fait selon des indicateurs sur lesquels nous revenons dans la section 6.3.4 (suivi des poissons). Après une certaine période d'élevage et de surveillance des poissons dont la durée est fonction des espèces élevées, il a été procédé à l'évaluation des résultats afin de

tirer les enseignements. Ces enseignements devraient permettre d'ajuster le plan de gestion de l'étang dans la perspective de l'améliorer et de continuer.

7.3.2. Situation de l'étang et choix de son site d'implantation

L'étang piscicole est situé à environ 200 m du lac Wégna, dans le champ de case de M. Fidel Coulibaly, qui est le président de la coopérative de pêche du village de Wégna. La distance qui sépare l'étang de la source d'eau (le lac Wégna) peut paraître longue, mais sa proximité avec la maison de M. Coulibaly permet à celui-ci de mieux surveiller les poissons et l'ouvrage afin d'éviter tout risque de vol. À cette distance et avec les équipements dont l'étang est doté, l'eau est disponible en quantité suffisante durant toute l'année pour remplir l'étang et compenser la perte d'eau par évaporation. Mieux, un puits de secours a été creusé à côté du lac pour alimenter l'étang pendant les périodes de l'année où l'eau du lac est trouble (l'eau trouble n'est pas indiquée pour la pisciculture). Remarquons que pendant les mois de juin, juillet et la première moitié du mois d'aout, l'eau du lac Wégna demeure trouble (avec beaucoup de particules en suspension) en raison du transport de sédiments par les eaux de ruissellement.

Les dimensions de l'étang sont les suivantes : 6 m de longueur, 3 de largeur et 1 m de profondeur (figure 49). Il s'agit donc d'un étang de grossissement de 18 m², alimenté en eau à partir du lac grâce à un système d'alimentation (figure 48) qui se compose de :

- ✚ D'une motopompe pour pomper l'eau du lac ; et
- ✚ D'un tuyau de canalisation en caoutchouc, mobile et dépliable, pour transporter de l'eau depuis le lac jusqu'à l'étang. Inversement pour assurer la vidange de l'étang, on utilise le même système. La motopompe sert donc à pomper l'eau souillée de l'étang et à l'aide du tuyau cette eau souillée est drainée vers un champ de culture où elle servirait de fertilisant (d'après un acteur local).

Selon les acteurs locaux concernés, il s'agit de la toute première fois que la pisciculture se pratique dans leur contrée, quoique certains d'entre eux ont une petite expérience dans ce domaine. Un étang de petites dimensions a été choisi pour cette

première expérience, mais par la suite et à la lumière des leçons apprises, d'autres étangs pourraient être construits avec des dimensions beaucoup plus importantes.



Figure 48. La motopompe et le tuyau pour l'alimentation de l'étang en eau et sa vidange (source : nos clichés, mars 2019)



Figure 49. L'assiette de l'étang, surmontée d'un petit hangar en paille pour protéger les poissons contre les rayonnements solaires (source : nos clichés, nov. 2019).

7.3.3. Le type de poisson élevé et les résultats attendus

À la suite de la rencontre avec le groupement des pêcheurs en présence du chef de village et ses conseillers, il a été décidé, sur avis d'un vieux professionnel de la pêche, d'élever l'espèce « *Oreochromis niloticus* ». Il s'agit d'une espèce de poisson jugée compatible avec l'écosystème (étang) en présence. C'est une espèce très tolérante aux eaux chaudes et qui croit très rapidement. Ensuite, des fertilisants organiques comme la bouse de bovins et le fumier de volaille, qui sont assez disponibles, conviennent mieux à cette espèce de poisson, qui est une espèce surtout planctivore (Kestemont *et al.*, 1989).

L'étang construit étant un étang de grossissement destiné à recevoir les jeunes poissons (alevins), la durée de l'élevage des poissons a été estimée à 5 mois et le poids des alevins, pêché dans le lac Wégna, était compris entre 0,2 et 30 g en moyenne. Le rendement escompté était de 40 à 50 kg par semestre, soit 90 kg par an.

7.3.4. Le suivi et le nourrissage des poissons

La production des poissons a été suivie de façon traditionnelle et selon l'expérience des pêcheurs qui en avaient la responsabilité. Au départ, le poids des jeunes poissons a été déterminé avec une balance. Mais, par la suite, d'autres alevins ont été mis dans l'étang sans aucune mesure, et aucun appareil n'a été utilisé pour ce qui concerne par exemple le renouvellement de l'eau de l'étang ou l'état de santé des poissons. Les pêcheurs, groupés autour du vieux pêcheur professionnel, M. Coulibaly, se fiaient à leur connaissance écologique traditionnelle pour effectuer le suivi. Pour cela, ils utilisaient un certain nombre d'indicateurs : par exemple, pour décider du renouvellement de l'eau de l'étang ou non, ils prenaient en compte la couleur ou l'odeur de l'eau ou même le mouvement des poissons.

Les poissons étaient nourris régulièrement avec le son des céréales et les insectes. Ces insectes étaient attirés la nuit grâce à la lumière d'une torche accrochée au hangar surplombant l'étang (figure 49). Pour savoir si les poissons avaient atteint l'âge adulte et pour décider de la récolte, un échantillon était pêché pour observation visuelle.

7.4. Défense et restauration des sols autour du lac Wégna : mise en place des cordons pierreux

L'envasement du lac Wégna est essentiellement dû à l'érosion hydrique (selon les populations locales) qui arrache les débris solides, les transporte et les dépose au fond du lac. Ce processus érosif a engendré des ravins autour du lac, dont certains sont plus marqués que d'autres (Figure 50).

Pour restaurer ces parties dégradées et lutter contre l'érosion hydrique, les populations riveraines du lac Wégna ont proposé d'adopter des mesures antiérosives, notamment la construction des lignes de cordons pierreux au travers de ces ravins. Cependant, le temps et les moyens financiers dont nous disposons ne nous permettaient pas d'étendre les travaux à l'ensemble des parties concernées. Il a donc été décidé, pour des besoins d'expérimentation, de choisir un site érodé pour mener nos travaux. Situé au nord du lac Wégna et identifié par les acteurs locaux, ce site est un site-témoin, dont l'évolution biophysique a été suivie et comparée après une certaine période (après la saison des pluies) à d'autres parties qui n'avaient pas fait l'objet d'un tel aménagement.

Les travaux ont été réalisés en mars 2019 et il était attendu qu'en mars 2020, soit une année d'observation, au moins des traces de sols retenus par l'ouvrage (cordons pierreux) soient visibles. Plus tard, une visite de terrain, en compagnie des communautés locales, a permis d'évaluer les résultats de cette réalisation et des correctifs nécessaires seraient apportés en cas de besoins.



Figure 50. Les traces de l'érosion hydrique au bord du lac Wégnia (source : nos clichés, mars 2019).

7.4.1. Situation du site choisi

Le site que nous avons choisi comme site d'expérimentation est situé au nord du lac Wégnia. Il est traversé par un long ravin (300 m) sur une pente relativement forte par endroits. Ce ravin commence près de la colline surplombant le lac dans sa partie nord. Il reçoit une partie des eaux de pluie qui y tombent et débouche sur le lac après avoir été rejoint par d'autres ravins.

Il a donc été décidé de construire 3 à 4 lignes de cordons pierreux d'une longueur de 7 à 10 m perpendiculairement au sens de ruissèlement de l'eau (figure 51). La distance entre les lignes de cordons pierreux est approximativement de 50 m.

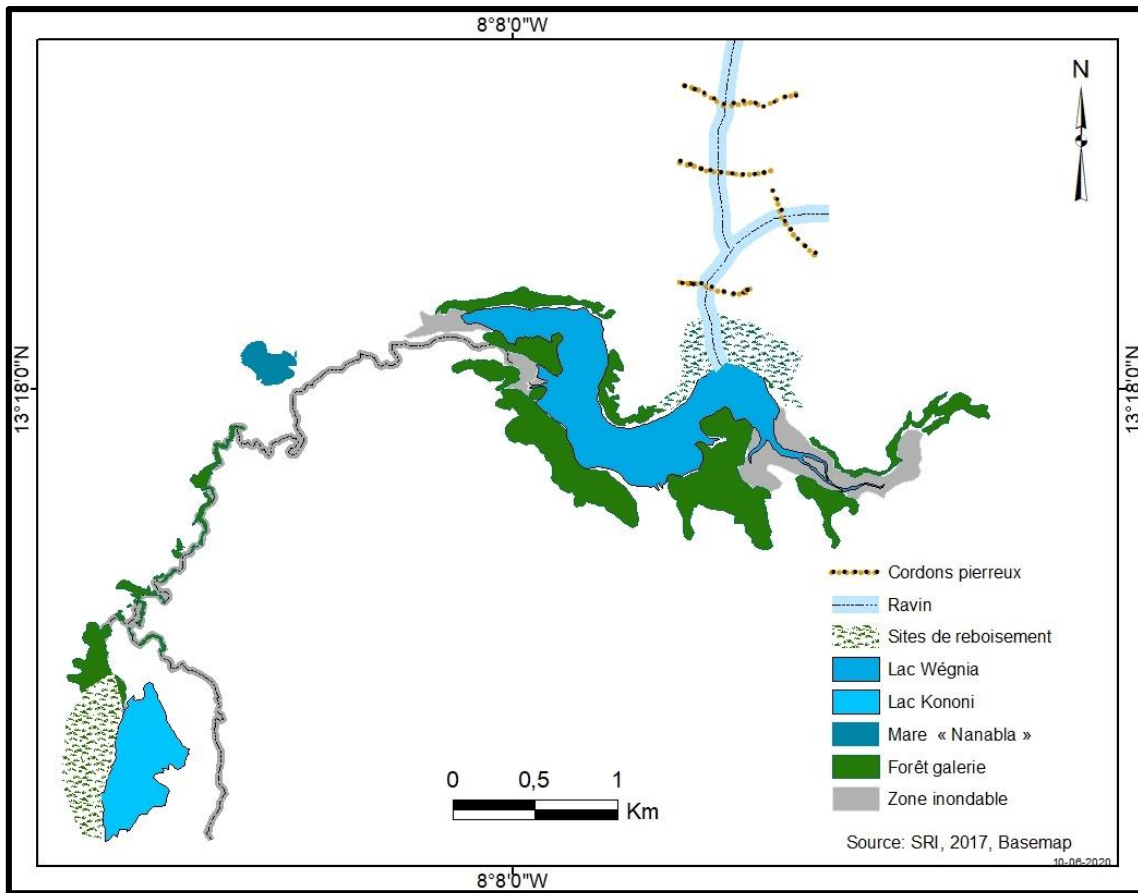


Figure 51. Localisation des sites de reboisement et des cordons pierreux (source : SRI, 2017, Basemap)

Pour mener à bien les travaux, nous avons sollicité l’assistance technique d’une ONG (CARITAS) qui a mis à notre disposition un agent. Cet agent a formé les acteurs locaux à la réalisation des cordons pierreux améliorés, notamment la bonne disposition des pierres (appelées parfois moellons) en utilisant le niveau à eau (figure 52). Si les cordons pierreux sont une technique ancienne, sa version améliorée, intégrant des savoir-faire complémentaires comme l’utilisation du niveau à eau pour déterminer les courbes de

niveau et la plantation d'arbres le long des cordons pierreux, nécessite une initiation des acteurs locaux (Dugué *et al.*, 1994)



Figure 52. Les acteurs locaux utilisant le niveau à eau pour implanter les cordons pierreux (source : nos clichés mars 2019)

7.4.2. La technique de construction des cordons pierreux

Les cordons pierreux sont des dispositifs antiérosifs constitués par un agencement organisé de pierres suivant les courbes de niveau. Ils permettent de freiner la vitesse d'écoulement de l'eau tout en forçant celle-ci à déposer sa charge et à s'infiltrer (Sanon, 2014). Ils sont construits en suivant les courbes de niveau pour éviter des ruissellements parallèles à eux et des accumulations d'eau pouvant parfois provoquer des cassures en leur sein. Les cordons pierreux sont moins vulnérables, ont une durée de vie beaucoup plus longue, et leur implantation nécessite moins de précision (Vlaar, 1992).

La détermination des courbes de niveau peut se faire à l'aide du niveau à eau (Zougmoré et Zida, 2000). Le niveau à eau est confectionné à l'aide d'un tuyau en plastique transparent d'une longueur de 10 m environ et de deux jalons. Les jalons sont formés d'un piquet (en bois ou en fer) et d'un talon épais et plat permettant de supporter le piquet sur le sol. D'une hauteur de 1,5 à 2 mètres, les deux jalons portent les deux bouts du tuyau plastique, qui est fixé au moyen d'un fil de fer ou d'une corde (figure 53).

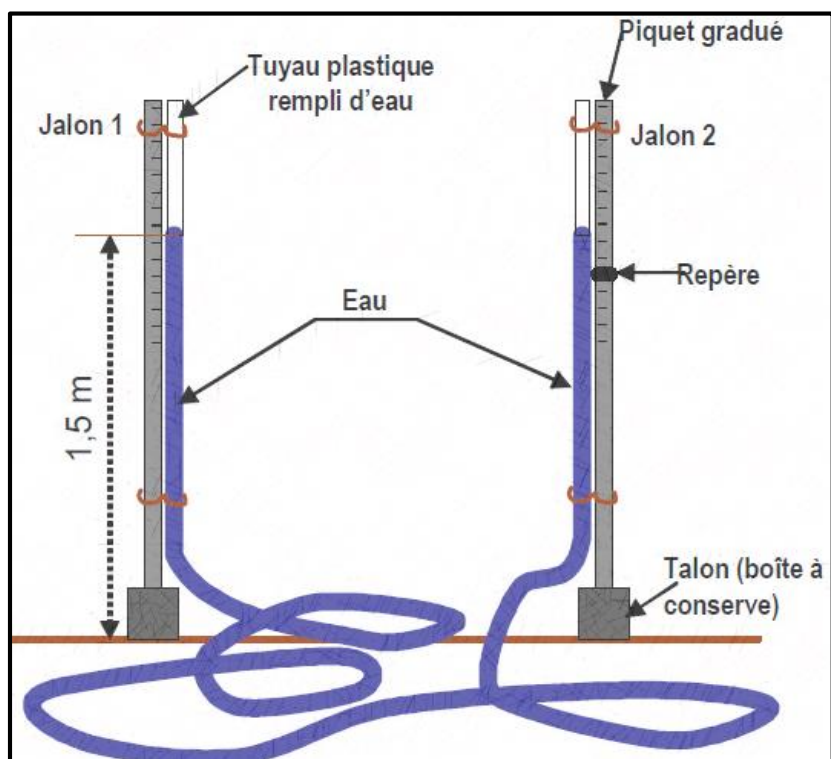


Figure 53. Le niveau à eau pour lever les courbes de niveau
(Source : Savadogo *et al.*, 2011)

Une fois que les courbes de niveau sont identifiées, on creuse (avec un pic, une daba...) un sillon de 10 à 15 cm de profondeur et de 15 à 20 cm de largeur pour « ancrer » les pierres. Dans ce sillon, on établit une ligne de grosses pierres, puis on renforce cette ligne avec une autre ligne de petites pierres (les figures 54 et 55). Enfin, on retourne la terre issue du sillon, sur environ 10 cm de hauteur et du côté amont, pour constituer « une terrasse de sédimentation » et renforcer la teneur du cordon pierreux (Dugué *et al.*, 1994; Zougmoré et Zida, 2000). La terre ne doit pas avoir une hauteur très élevée pour que le

cordons soit filtrant et éviter une concentration d'eau en amont de l'ouvrage. Quant aux pierres elles-mêmes, elles doivent être solidement fixées dans le sol pour empêcher que le ruissellement les enlève et les entraîne (Dugué *et al.*, 1994).

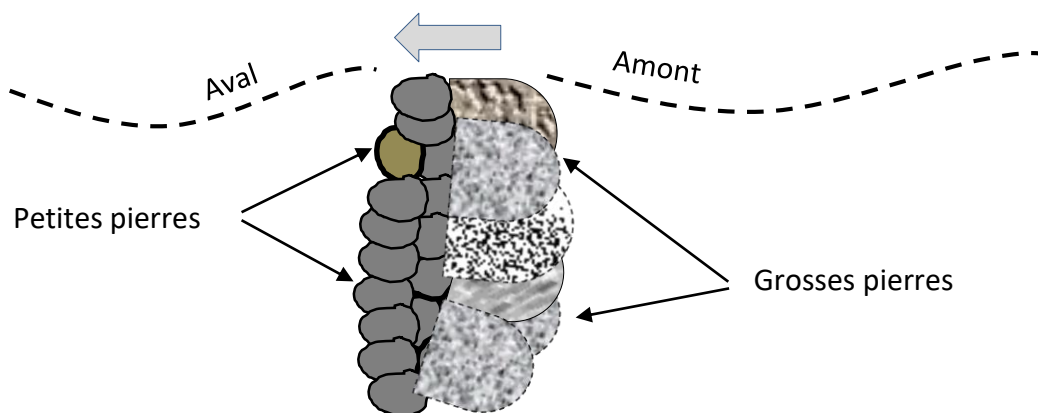


Figure 54. Technique d'arrangement des cordons pierreux (Dugué *et al.*, 1994)



Figure 55. Disposition d'un cordon pierreux sur notre site d'expérimentation près du lac Wégnia (source : nos clichés, mars 2019).

7.4.3. Le suivi de l'évolution des dispositifs de cordons pierreux

Une fois que les cordons pierreux sont installés, leur suivi devient un exercice assez simple. Pendant la saison sèche, puisqu'il ne pleut pas, il n'est pas nécessaire pour le comité de suivi de passer voir l'ouvrage tout le temps. Cependant, pendant la saison des pluies et surtout après chaque grande pluie, l'équipe chargée du suivi visite les installations pour savoir si elles ont résisté ou non aux forces de ruissellement de l'eau de pluie et procède, si nécessaire, aux réparations qui s'imposent. Quand le ruissellement est très fort, le dispositif de cordons pierreux peut parfois lâcher et certaines pierres peuvent être déplacées. Dans ce cas, il faut les replacer et les renforcer avec d'autres, au besoin.

7.5. La mise en place d'un comité de suivi

Le comité de suivi est responsable de la surveillance correcte des réalisations, notamment les arbres plantés sur les sites de reboisement et les cordons pierreux installés. Mis en place par consensus lors d'une assemblée générale villageoise, ce comité de suivi est composé de 3 femmes et de 3 hommes. Quant à la production de poissons, elle est confiée à la coopérative des pêcheurs de Wégna dont le président en est le premier responsable.

Chapitre 8. La troisième phase de la gestion adaptative du lac Wégna : Évaluation des activités mises en œuvre et recommandations pour l’ajustement du plan de gestion

La phase d’évaluation du plan de la gestion adaptative consiste à vérifier si les résultats obtenus reflètent les objectifs prévus au départ. Sinon, il s’agirait de déterminer, à partir des données de surveillance, les activités ou politiques à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs souhaités (Parks, 2011). C’est une sorte de bilan qui permettra d’ajuster le plan de gestion en fonction de ce qui est appris au cours du processus de gestion, et doit se faire de façon régulière afin que les ajustements puissent se faire systématiquement. En utilisant les résultats de l’évaluation, d’après le même auteur, les parties prenantes sont invitées, collectivement, à revoir les hypothèses d’origine et à comparer systématiquement les changements prévus par rapport aux changements observés.

L’évaluation des activités mises en œuvre dans le cadre de la gestion adaptative du lac Wégna a été réalisée entre janvier et mars 2020 grâce aux visites de terrain effectuées avec les parties prenantes et les acteurs locaux. Ont été associés à ce travail d’évaluation un spécialiste des eaux et forêts, un spécialiste en pisciculture, et un spécialiste en conservation et protection des sols. Il s’agit donc de trois experts de domaines disciplinaires différents, chacun ciblant l’activité qui relève de son domaine de compétence. La formation d’une telle équipe d’évaluation a pour objectif d’engager une véritable discussion entre les populations locales, ayant un savoir écologique traditionnel, et les scientifiques, autour des actions implémentées afin que tout le monde apprenne. Les leçons ainsi apprises de ces échanges ont servi de source d’inspiration aux acteurs locaux pour repenser le futur plan de gestion dans le but de l’améliorer. Rappelons que les activités mises en œuvre dans le cadre de la gestion adaptative du lac Wégna avaient pour objectif de:

- Lutter contre l'érosion hydrique afin de réduire la sédimentation du lac Wégna par l'érection des cordons pierreux perpendiculairement aux ravins qui débouchent sur ce lac ;
- Planter des arbres autour des lacs Wégna et Kononi afin de reconstituer la forêt riveraine, limiter le ruissèlement et l'érosion hydrique, fournir aux populations locales divers services écosystémiques forestiers, et reconstituer en même temps un refuge (habitat) pour la faune;
- Assurer une source de revenus à ces populations à travers l'élevage des poissons en étang ; permettre aussi aux acteurs locaux de s'inspirer de cette première expérience pour développer la pisciculture dans la zone d'études, et diminuer éventuellement la pression de pêche sur le lac tout en maintenant un apport en protéine aux habitants;
- Mettre en place un organe de gestion adaptative du lac Wégna pour surveiller les activités mises en œuvre.

8.1. Évaluation des activités de plantation d'arbres et de construction de cordons pierreux autour des lacs Wégna et Kononi

En vue de freiner l'érosion hydrique autour des lacs Wégna et Kononi, restaurer les parties déjà érodées, reconstituer la forêt riveraine, et fournir aux populations locales divers services écosystémiques forestiers, deux activités ont été privilégiées : la plantation d'arbres et la construction des cordons pierreux sur les ravins débouchant sur les deux lacs. Selon Dorlöchter et Nill (2012), dans les régions sahéenne et soudanienne où la pluviométrie est comprise entre 300 et 900 mm par an, la technique de cordon pierreux est appropriée dans un contexte de changements climatiques. En cas de fortes pluies, les cordons pierreux protègent les terres, et avec une diminution de la pluviométrie, ils contribuent à une meilleure conservation des eaux pluviales. Apprécions les résultats obtenus suite à la plantation d'arbres, dans un premier temps, et ceux obtenus suite à la mise en place des cordons pierreux, dans un deuxième temps.

8.1.1. L'activité de plantation d'arbres

L'activité de reboisement, réalisée entre le 1^{er} et le 31 août 2018, a consisté à planter 31 340 plants autour des lacs Wégna et Kononi. Les intervenants étaient les populations riveraines, l'ONG AMPEF et le chercheur principal (nous-mêmes). Les moyens utilisés pour la mise en œuvre de cette activité étaient des moyens rudimentaires comprenant des charrettes, des dabas, des calebasses ou des tasses (tableau 17). Des visites quotidiennes des sites reboisés ont été choisies comme critère de suivi. Les membres du comité de suivi avaient la responsabilité de surveiller ces sites pour les protéger contre la destruction des animaux en divagation, et assurer ainsi le développement normal des jeunes plantes. De cette activité, il était attendu qu'au moins la moitié (50%) de ces arbres soient vivants en mars 2020.

Tableau 17. Plan d'action pour l'activité de reboisement autour des lacs Wégna et Kononi

Objectifs : Reconstituer la forêt riveraine du lac Wégna pour limiter le ruissellement et l'érosion hydrique, fournir aux populations locales divers services écosystémiques forestiers, et constituer un refuge (habitat) pour la faune sauvage	
Activités	Planter 31 340 plants autour des deux lacs entre le 1 ^{er} et le 31 août 2018
Responsables/intervenants	Acteurs locaux, l'ONG AMPEF et le chercheur principal
Moyens à utiliser	Charrettes, Dabas, Calebasses ou tasses
Résultats attendus	En mars 2020, au moins 50% de ces plants sont vivants
Critère de suivi	Visite de terrain
Résultats obtenus	Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>

Cependant, les résultats escomptés n'ont pas été atteints. Il a été constaté qu'après 19 mois (soient 1 an et 7 mois), seuls quelques arbres parsemaient les sites reboisés (figure 56). Certes, certains arbres perdent leurs feuilles pour mieux résister à la sécheresse qui caractérise la saison sèche et se reverdissent avec les premières pluies de l'hivernage (selon

l'expert des eaux et forêts), mais globalement, très peu d'arbres ont réellement survécu. Trois principales raisons ont été mises en avant pour expliquer ces résultats :

- ✓ *La non-protection des arbres plantés par des grillages* : les sites de reboisement n'étaient pas protégés par des grillages. De ce fait, ils étaient exposés aux animaux en divagation, surtout pendant la saison sèche (entre novembre-décembre et mai-juin) qui commence après les récoltes. Au cours de cette période, les animaux sont souvent laissés à eux-mêmes sans être nécessairement conduits par un pasteur. Errant ainsi dans la nature à la recherche de quoi se nourrir, les animaux peuvent commettre des dégâts sur toute culture ne disposant pas d'un système de protection;
- ✓ *Le déficit d'entretien des arbres* : les plants ont été plantés au mois d'août, en période d'hivernage, afin qu'ils bénéficient de l'eau de pluie pour assurer leur croissance. Mais, après cette période, les plantes ne reçoivent aucune goutte de pluie au cours de la saison suivante (la saison sèche), entre novembre et mai (soit une période s'étendant sur 7 mois). De plus, aucun système d'approvisionnement en eau de ces plantes (arrosage) n'avait été prévu. Dans ces conditions, certains arbres résistent mieux que d'autres. Dans la figure 56, on observe quelques eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) qui ont survécu; enfin,
- ✓ *Le relâchement dans la surveillance des sites reboisés* : les membres du comité de suivi, qui avaient été mandatés pour suivre le développement des jeunes plantes et les protéger contre les prédateurs, ont progressivement diminué leur niveau de surveillance, surtout lorsque les activités maraichères ont commencé. Ils ont reconnu, eux-mêmes, leur responsabilité dans les causes qui ont conduits à ces résultats. Bref, le suivi des sites de reboisement n'a pas été correctement exécuté.



Figure 56. Quelques rares espèces d'arbres résistantes aux conditions de sécheresse, comme ici des eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) (source : nos clichés, mars 2020).

8.1.2. L'évaluation du dispositif des cordons pierreux

La construction de cordons pierreux a consisté à disposer des pierres au travers les ravins qui débouchent sur le lac Wégنيا. Ce dispositif permet de diminuer la vitesse d'écoulement des eaux pluviales en direction de ce lac, restaurer les sols dégradés, et ralentir le processus d'envasement dudit lac. Mais, pour des raisons financières, une telle activité n'a pas pu être réalisée aux abords du lac Kononi. Rappelons que les cordons pierreux ont été construits en mars 2019, et il était attendu qu'en mars 2020, des traces

d'un début de comblement des ravins ciblés soient visibles (tableau 18). Pour évaluer les dispositifs de cordons pierreux, une visite de terrain a été effectuée en présence des acteurs locaux, d'un spécialiste en conservation des sols et de nous-mêmes.

Tableau 18. Planification des actions pour la plantation d'arbres

Objectif : Réduire l'érosion hydrique, restaurer les parties érodées autour du lac Wégnia, et diminuer la sédimentation du lac Wégnia	
<i>Activités</i>	Construire les cordons pierreux au travers les ravins autour du lac Wégnia (mars 2019)
<i>Responsables/intervenants</i>	Populations riveraines et le chercheur
<i>Moyens à utiliser</i>	Charrettes pour le transport des pierres Dabas et piques pour le creusement des sillons
<i>Résultats attendus</i>	En mars 2020, au moins un début (des traces) de Comblement des ravins est visible
<i>Critère de suivi</i>	Visite de terrain
<i>Résultats obtenus</i>	Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>

En mars 2020, après avoir visité les différentes réalisations, il a été constaté que l'objectif fixé à court terme a été atteint. Des sédiments accumulés ont été observés en amont de tous les cordons pierreux érigés. Les figures 57 et 58 présentent un certain nombre d'éléments retenus par les cordons pierreux comme le sable, les feuilles mortes, et d'autres détrit. Il s'agit donc d'un début de restauration des sols et de comblement des ravins. Par conséquent, cette technique (construction des cordons pierreux) contribue à la réduction de certains effets des changements climatiques (Savadogo *et al.*, 2011). Les réalisations ont été appréciées et jugées efficaces par tous les participants. Néanmoins, ces derniers ont proposé la *végétalisation des cordons pierreux* pour augmenter leur capacité de rétention de sédiments et contribuer davantage à l'infiltration de l'eau.



Figure 57. Des sédiments retenus par un cordon pierreux à environ 150 m du lac Wégna (source : nos clichés, mars 2020).



Figure 58. Rétention des feuilles d'arbres, des tiges de céréales, et d'autres débris par un cordon pierreux installé à environ 100 m du lac Wégna (source : nos clichés, mars 2020).

8.2. L'évaluation de l'activité piscicole

L'activité piscicole a été réalisée afin d'assurer aux populations locales une source de revenus, servir de source d'inspiration à d'autres personnes en vue de promouvoir cette activité dans la zone d'étude, et diminuer probablement la pression de pêche sur le lac Wégnia. Pour la mener, un étang piscicole a été construit grâce à une main-d'œuvre locale fournie par la coopérative multifonctionnelle des pêcheurs de Wégnia et un financement assuré par nous-mêmes (tableau 19). Le rendement escompté était de 40 à 50 kg par semestre, soit 90 kg en moyenne par an. Il n'a pas été possible d'étendre cette activité au village de Kononi-Sirakoro en raison de l'insuffisance de nos ressources.

Tableau 19. Planification des actions pour l'élevage des poissons en étang à Wégnia

OBJECTIF : ASSURER UNE SOURCE DE REVENUS AUX POPULATIONS RIVERAINES DU LAC WÉGNIA, ET SERVIR D'EXEMPLE À D'AUTRES PERSONNES EN VUE DE DÉVELOPPER LA PISCICULTURE DANS LA ZONE D'ÉTUDES	
<i>ACTIVITÉS</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser un étang de pisciculture (à Wégnia) - Mise en eau des alevins (septembre 2019) - Élever les poissons dans un but lucratif
<i>RESPONSABLES/INTERVENANTS</i>	Coopérative multifonctionnelle des pêcheurs de Wégnia et le chercheur
<i>MOYENS À UTILISER</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Main-d'œuvre locale fournie par la coopérative pour la construction de l'étang - Appui financier du chercheur - Fourniture des alevins assurée par la coopérative
<i>RÉSULTATS ATTENDUS</i>	En mars 2020, au moins 40 kg de poisson ont été pêchés dans l'étang
<i>CRITÈRE DE SUIVI</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pesage des poissons avant leur mise en eau - Contrôle de la couleur de l'eau - Contrôle de l'odeur de l'eau de l'étang - Surveillance du comportement des poissons dans l'étang - Fournir de la nourriture aux poissons (aux moins 2 fois/jours) - Mesurer le poids des poissons adultes à la récolte
<i>RÉSULTATS OBTENUS</i>	Oui Non <input checked="" type="checkbox"/>

À la récolte des poissons en mars 2020, environ 20 kg de poissons ont été pêchés dans l'étang (figure 59). Vendus, en raison de 1500 francs CFA le kilo, les 20 kg de poissons ont rapporté à la coopérative une somme de 30 000 francs CFA (environ 70\$ CAD). Ces résultats ainsi obtenus sont en deçà des attentes. Selon les acteurs locaux, quelques facteurs clés peuvent expliquer cet écart entre l'hypothèse de départ et les résultats obtenus. Il s'agit entre autres de :

- L'infériorité numérique des alevins mis dans l'étang : au début, une centaine de jeunes poissons ont été mis dans l'étang dont quelques-uns sont morts en raison probablement du changement d'écosystème qu'ils ont effectué ou de leur inadaptabilité au milieu d'affectation (étang);
- La méconnaissance de la technique de pisciculture : on ignorait la capacité de charge de l'étang à tel point qu'on ne savait pas quelle quantité de poissons pouvait contenir l'étang, ni même le nombre de poissons qui y vivait finalement suite à un taux de mortalité relativement élevé de jeunes poissons.

Néanmoins, l'un des objectifs a été atteint, celui visant à faire de ce premier cas de pisciculture dans la zone d'études un exemple, un modèle, une source d'inspiration. Il est à noter que plusieurs personnes, surtout les membres de la coopérative des pêcheurs de Wégna (figure 60), ont appris comment élever les poissons en étang. Et, certains vont probablement s'en inspirer et le reproduire. Ainsi, l'objectif « apprentissage » qui est un principe central de l'approche de la gestion adaptative (Walters et Holling, 1990) a bien été atteint. Le jour de la récolte des poissons (figure 59), le président de la coopérative des pêcheurs de Wégna, M. Coulibaly, dit publiquement ceci :

« On a tellement appris de cette première expérience qu'à la prochaine récolte on va tripler le rendement actuel, et on souhaiterait que Magassa soit là pour en être le témoin ».

Pour parvenir à un tel résultat, les membres de la coopérative ont pris une série de mesures au cours d'une réunion tenue juste après la récolte des poissons (voir section 7.4.3).



Figure 59. La récolte des tout premiers poissons. Ici, un silure tenu dans la main d'un acteur local (source : nos clichés en janvier 2020).



Figure 60. Quelques membres de la coopérative multifonctionnelle des pêcheurs de Wégna (Source : nos clichés, janvier 2020).

8.3. Évaluation du fonctionnement du comité de suivi

Bien que les membres du comité de suivi soient motivés pour assurer les responsabilités pour lesquelles ils ont été mandatés, ils n'ont pas pu surveiller de façon régulière les sites reboisés contre les animaux en errance. En effet, la saison sèche est la période où le maraichage est pratiqué par la majorité de la population locale concernée (presque tous ceux qui sont aptes à le faire). Au cours de nos enquêtes, 65 % des chefs de ménage disent avoir fait du maraichage comme activité secondaire. Et, c'est pendant cette période que les animaux divaguent parfois sans surveillance. Ainsi, les membres du comité de suivi (hommes et femmes), étant très occupés par cette activité maraichère, n'ont pas pu s'occuper convenablement des jeunes plantes qui sont restées à la merci des prédateurs (ils l'ont reconnu eux-mêmes). Pour les cordons pierreux mis en place, qui n'exigent pas une surveillance quotidienne, ils n'ont pas été affectés par ce déficit de suivi.

Toutefois, suite à la visite de terrain, des recommandations ont été formulées en vue de permettre au comité de jouer pleinement son rôle. Les participants à la visite de terrain ont suggéré aux acteurs locaux, en présence du chef de village de Wégnia et ses conseillers, que soit institué un système de cotisation touchant tous les villages riverains du lac Wégnia pour dégager un fonds destiné à gestion du lac. Ainsi, une partie de ce fonds, dont le montant serait fixé consensuellement, pourrait être versée au comité de surveillance pour qu'il mène correctement ses activités. Aussi, le porte-parole du comité, Noel Traoré, tout en s'excusant pour les dommages occasionnés, s'est engagé à tout faire pour éviter les erreurs commises par le comité de suivi pendant cette première expérience.

8.4. Des recommandations pour l'ajustement du plan de gestion

Suite à l'évaluation des activités mises en œuvre dans le cadre de la gestion adaptative du lac Wégnia, les résultats obtenus ont été utilisés pour repenser les futures activités afin d'atteindre les objectifs qui n'ont pas été atteints lors de cette première expérience ou de se fixer des objectifs beaucoup plus ambitieux au regard de toutes les leçons apprises. C'est ainsi que pour chacune des activités des recommandations ont été

formulées pour rendre efficace les interventions, consolider les activités déjà mises œuvre, et permettre aux parties prenantes d'atteindre leurs objectifs. Les populations locales concernées ont été informées de ces recommandations lors d'une assemblée générale villageoise.

8.4.1. Recommandations pour l'amélioration des travaux de reboisement autour du lac Wégna

À l'issue de la visite de terrain effectuée au titre de l'évaluation des activités mises en œuvre dans le cadre de la gestion adaptative du lac Wégna, les participants ont formulé quelques recommandations dont la prise en compte permettrait d'atteindre les objectifs initiaux :

- ✓ *La protection des arbres plantés* : pour que les arbres plantés soient à l'abri de la destruction des animaux et d'autres prédateurs, il faut nécessairement les protéger avec *un grillage*. Cette recommandation a inspiré l'ONG AMPEF, qui, en partenariat avec les populations locales, a déjà clôturé le prochain site de reboisement situé aux abords nord du lac Wégna (figure 61) ;
- ✓ *L'entretien des arbres* : il a été suggéré de mettre en place un système d'approvisionnement en eau des arbres plantés pendant la saison sèche, et ce, au moins pendant la première année de leur plantation, pour leur permettre de résister à la sécheresse et assurer correctement leur croissance;
- ✓ *La surveillance des sites reboisés* : les membres du comité de suivi, responsables de la surveillance des sites reboisés, doivent s'organiser pour assurer un suivi régulier et constant de ces sites afin de les protéger contre les dégradations naturelles et la destruction des animaux;
- ✓ *La perpétuation de la plantation d'arbres autour du lac Wégna* : tous les participants ont convenu de la nécessité d'inscrire dans la durée l'activité de plantation d'arbres pour mieux reconstituer la forêt autour de ce lac. Ils ont souhaité qu'elle soit organisée chaque année pendant la saison des pluies et idéalement au mois d'août qui est le mois le plus pluvieux de l'année (voir Figure 27);

- ✓ *L'interdiction de défricher autour du lac*: les défrichements anarchiques à proximité du lac Wégnia pour établir des champs de cultures céréalière ou maraichère doivent être interdits. La nappe phréatique n'étant pas assez profonde, en creusant de 4 à 8 m, on peut avoir de l'eau pour divers usages comme le maraichage ou l'abreuvement des animaux. De ce fait, les participants ont suggéré qu'il soit purement interdit d'entretenir quelque culture que ce soit aux abords (dans le lit) du lac. Les zones concernées par cette interdiction seront identifiées et délimitées de façon consensuelle.



Figure 61. La clôture en grillage du prochain site de reboisement (source : nos clichés, mars 2020).

8.4.2. Recommandations pour l'amélioration des travaux de construction des cordons pierreux

L'activité portant sur la construction des cordons pierreux a été jugée satisfaisante. Toutefois, les évaluateurs ont souligné la nécessité de *végétaliser les cordons pierreux* déjà

mis en place. Ils ont aussi encouragé la continuation des travaux de construction des cordons autour du lac Wégna afin de couvrir d'autres ravins. Un accent particulier a été mis sur le suivi continu des cordons pierreux réalisés jusqu'à ce que les ravins ciblés soient comblés. Enfin, le dialogue et la concertation ont été encouragés comme outils de gestion des conflits ou des incompréhensions qui pourraient naître pendant les différents travaux, et plus globalement dans le cadre de la gestion du lac Wégna.

8.4.3. Les mesures prises pour améliorer l'activité de pisciculture

Pour améliorer la productivité de l'étang piscicole et, comme le dit le président de la coopérative multifonctionnelle des pêcheurs de Wégna, tripler le rendement actuel, une série de mesures ont été prises par les membres de cette coopérative au cours d'une assemblée générale tenue juste après la première récolte de poissons. Il s'agit entre autres de :

- ❖ *La fourniture des alevins* : la fourniture des alevins a été confiée à 4 pêcheurs, tous membres de la coopérative des pêcheurs de Wégna et désignés par consensus. Le nombre d'alevins qui sera mis dans l'étang sera le triple de celui du premier essai, c'est-à-dire qu'ils passeront de 100 à 300 alevins;
- ❖ *La nourriture des poissons* : pour assurer la nourriture des poissons, les sous-produits agricoles ont été privilégiés, notamment le son des céréales (mil, sorgho...). La fourniture de ces produits a été dévolue à quelques femmes. Et, trois hommes ont été choisis pour s'occuper uniquement de l'alimentation des poissons;
- ❖ *La construction d'un poulailler au-dessus de l'étang piscicole* : il a été décidé de construire un poulailler au-dessus de l'étang pour l'élevage des poules afin que les poissons profitent de leurs déjections;
- ❖ *La mise en place d'un fond* : les membres de la coopérative ont décidé de se cotiser pour constituer un fond capable de faire face à certaines dépenses comme l'alimentation de la motopompe en carburant ou sa réparation en cas de panne;
- ❖ *La formation en technique de pisciculture*: pour augmenter la productivité de l'étang et aller vers une certaine professionnalisation, il a été décidé d'envoyer deux membres de la coopérative se former en technique de pisciculture

- ❖ *Privilégier le dialogue et la concertation entre les acteurs:* les membres de la coopérative ont convenu de se concerter avant toute prise de décision concernant la gestion de l'étang, et de résoudre à l'amiable tous les différends pouvant naître de cette gestion.

Conclusion

La présente thèse cherche à démontrer comment, dans une situation d'incertitude écologique en lien avec la variabilité et les changements climatiques, on peut assurer la durabilité des ressources du lac Wégna tout en permettant aux populations riveraines de tirer parti de ces mêmes ressources (services écologiques). Pour traiter de cette problématique, la «gestion adaptative», qui est une approche de gestion des ressources naturelles face à l'incertitude écologique (Rist *et al.*, 2013), a été privilégiée. À partir de son application dans le cadre de la gestion de la zone humide du lac Wégna, nous voudrions prouver que cette approche peut permettre de mieux gérer les écosystèmes des zones humides face aux effets des changements climatiques, et réduire ainsi la vulnérabilité des populations riveraines. Pour ce faire, la situation du bassin du lac Wégna a d'abord été analysée afin d'identifier les principales menaces et d'en concevoir un modèle conceptuel. Ensuite, les stratégies d'adaptation déjà préconisées par les populations riveraines du lac Wégna, que nous avons appelé des stratégies d'adaptation existantes, ont été étudiées. Puis, un plan d'action amélioré et un plan de surveillance ont été élaborés et mis en œuvre avec les communautés locales concernées afin de réduire les menaces identifiées. Enfin, les activités mises en œuvre ont été évaluées, et des résultats ainsi obtenus ont été tirés les enseignements qui ont servi de base à la formulation des recommandations pour la conception d'un potentiel futur plan d'action.

Pour l'exécution de ce travail de recherche et l'atteinte des résultats auxquels nous sommes parvenus, une méthodologie jugée appropriée a été utilisée. Elle porte sur l'utilisation d'un certain nombre d'outils de collecte, de traitement, et d'analyse de données, mais surtout sur l'implication systématique des populations locales du début à la fin du processus. Dans un premier temps, la recherche documentaire nous a permis de faire le point de la littérature concernant les principaux concepts ou notions abordés dans cette étude. Et, dans un deuxième temps, la collecte des données a été effectuée ainsi que leur traitement et leur analyse. Concernant la collecte des données, un ensemble d'outils complémentaires ont été choisis : *le guide d'entretien, le questionnaire, le groupe de*

discussion, la cartographie participative, et l'observation directe libre. Les deux premiers (le *guide d'entretien, le questionnaire*) ont permis d'appréhender les usages du lac Wégna, les causes et les conséquences de sa dégradation ainsi que les pistes de solution ; les manifestations des changements climatiques dans la zone d'étude ; les questions de vulnérabilité des populations riveraines et leurs stratégies d'adaptation. Le *groupe de discussion*, qui permet de recueillir des discussions centrées sur des sujets pertinents pour une recherche (Morgan, 1996), a permis d'analyser la vulnérabilité de chacun des quatre groupes spécifiques face aux effets des changements climatiques. La *cartographie participative*, qui facilite le dialogue entre diverses catégories d'acteurs (Burini, 2008) et qui permet de produire des savoirs traditionnels quand elle est réalisée par les communautés locales (Burini, 2013), a permis d'analyser la situation des ressources naturelles du bassin du lac Wégna à différentes périodes; d'identifier les principales menaces; de décrire quelques manifestations des changements climatiques, leurs causes (naturelles ou humaines) et leurs conséquences ainsi que les stratégies locales d'adaptation. Quant à *l'observation directe*, elle a contribué, entre autres, à la compréhension des actions potentielles à mettre en œuvre en vue de réduire la dégradation du lac Wégna. En outre, pour étudier la dynamique de l'occupation du sol de la zone humide du lac Wégna et ses conséquences sur les ressources naturelles, notamment sur le lac Wégna, nous avons eu recours aux images satellites. Le traitement de celles-ci a nécessité l'utilisation des logiciels SIG comme *Arc GIS 10.6* et *ENVI 4.7*.

L'étude a montré la vulnérabilité des ressources naturelles et celle des moyens de subsistance (conséquemment) des villages de Wégna et de Kononi-Sirakoro face aux effets des changements climatiques et des actions humaines. La vulnérabilité des ressources naturelles de ces deux villages se traduit par une dégradation poussée des forêts et des pâturages, la pauvreté des sols, l'insuffisance des pluies, le comblement des lacs, la diminution de la production halieutique, et la détérioration de l'état des routes. Pour identifier les menaces qui pèsent sur ces ressources naturelles, une matrice de vulnérabilité a été élaborée. De cette matrice, il ressort que les menaces les plus sévères qui affectent lesdites ressources, en tenant compte de leur indicateur d'impact, sont la sécheresse, la

coupe abusive de bois, les feux de brousse et le surpâturage. Les populations riveraines du lac Wégnya tirant directement leur subsistance des ressources naturelles, la vulnérabilité de celles-ci induit forcément celle des moyens de subsistance. Comme l'affirme si bien GIZ et EURAC (2017), dans les pays en voie de développement où la dépendance vis-à-vis des ressources naturelles est forte, il existe un lien assez étroit entre les impacts biophysiques des changements climatiques et les activités humaines et le bien-être des populations. Ainsi, la sédimentation des lacs (Wégnya et Koni) a eu des répercussions négatives sur les conditions de vie des populations riveraines. Ces répercussions négatives se traduisent par :

- La chute du nombre d'espèces d'oiseaux et d'animaux sauvages entraînant une baisse de revenus de la chasse ;
- La diminution des ressources halieutiques avec ses incidences au plan économique et nutritionnel ;
- La baisse de la nappe souterraine (les puits sont de plus en plus profonds et tarissent précocement en saison sèche) entraînant des difficultés d'approvisionnement en eau des ménages et d'entretien des cultures maraichères ;
- Des difficultés d'abreuvement des animaux domestiques (enfouissement des animaux dans l'argile boueuse du lac) ; etc.

Une analyse de la matrice de vulnérabilité des moyens de subsistance des populations concernées montre que la *sédimentation des lacs* et *l'insuffisance des pluies* (sécheresse) affectent presque tous les moyens de subsistance, soit directement ou indirectement.

Par ailleurs, l'analyse des cartes d'occupation du sol, issues des traitements d'images satellites, a montré que la zone humide du lac Wégnya a connu une dégradation graduelle au cours de la période allant de 1972 à 2018. Cette dégradation se caractérise par une extension progressive des sols nus (champs de culture, bâtis, etc.) ; une régression du couvert végétal (forêt-galerie, savanes) ; et une diminution des étendues d'eau libre et des zones d'eau temporaires. L'augmentation de la population dans les zones proches du lac et le développement de ses activités, ainsi que les changements climatiques (notamment les sécheresses récurrentes) sont des facteurs importants de cette dynamique spatiale.

Face à ce milieu (zone humide du lac Wégna) en mutation et face aux événements climatiques extrêmes, les populations riveraines adoptent des stratégies locales pour s'y adapter. Ainsi, dès qu'un événement climatique survient et occasionne des dommages sur les cultures, les ménages procèdent à des ajustements pour mieux résister, compenser les pertes ou minimiser leurs effets. Ces ajustements ou stratégies d'adaptation sont essentiellement basés sur les moyens de subsistance. Il s'agit du maraichage, de la pêche, de la vente de bétail, du petit commerce, de la chasse, et de l'exploitation forestière. Hormis la migration et secondairement le petit commerce (informel et non structuré), les autres stratégies d'adaptation ont un lien fort avec le lac Wégna. Notre démarche a donc consisté à identifier avec les populations riveraines les meilleures stratégies d'adaptation des moyens de subsistance face aux changements climatiques. Ensuite, celles dont nous avons la capacité de mettre en œuvre nous-mêmes sans une quelconque intervention extérieure ont été sélectionnées et mises en œuvre. Et, cela, en partant du principe que l'action, aussi petite soit-elle, vaut mieux que l'inaction. Les stratégies d'adaptation ainsi implémentées ont été évaluées après une certaine période de surveillance dont la durée dépend de chaque stratégie. Il s'agit de : (1) la pisciculture en étang pour la création d'une source de revenus aux populations locales ; (2) la plantation d'arbres autour des deux lacs pour lutter contre l'érosion des sols, réduire l'envasement de ces lacs, et fournir d'autres services écosystémiques aux riverains ; (3) la construction des cordons pierreux au travers les ravins qui débouchent sur les lacs afin de freiner l'érosion hydrique et restaurer les sols érodés ; et (4) la mise en place d'un comité de suivi pour la surveillance des actions réalisées.

À l'issue de l'évaluation des activités mises en œuvre, il s'est avéré que les objectifs à court terme ont été atteints pour l'activité portant sur la construction des cordons pierreux. Des accumulations de sédiments ont été observées en amont de tous les cordons pierreux installés. Ce qui présage d'un début de comblement des ravins. Par contre, ceux relatifs aux activités de reboisement et de pisciculture n'ont pas été totalement atteints. Quelques problèmes sont à l'origine de cet écart entre les hypothèses de départ et les résultats observés. Il s'agit notamment des erreurs de conception et de mise en œuvre de ces deux activités. Par exemple, pour l'activité de pisciculture, la mise en eau d'une quantité

insuffisante d'alevins relève de l'ignorance ou de l'inexpérience. Et, pour l'activité de reboisement, la non-protection des sites reboisés par des grillages ainsi que la baisse du niveau de leur surveillance sont des erreurs qui pouvaient être évitées. Elles ont été à la base de la destruction d'un bon nombre d'arbres. Ces arbres sans clôture protectrice, exposés aux animaux en divagation et à d'autres brouteurs, ont été dévastés dans leur grande majorité. À cela s'ajoute l'inégal engagement des acteurs locaux dans ce projet de gestion du lac Wégna. En effet, pendant que certains acteurs étaient impliqués à fond de façon désintéressée et au nom de l'intérêt collectif, d'autres traînaient les pieds et pensaient plutôt à des avantages immédiats, non pas au profit du groupe, mais au profit de l'intérêt personnel. D'autres encore étaient dans un état d'attentiste et fataliste et continuaient de penser que, sans aide extérieure, ils ne peuvent rien faire.

Néanmoins, la visite de terrain, qui a regroupé experts et acteurs locaux, a permis de faire des recommandations pour l'atteinte des objectifs du futur plan de gestion au bénéfice des populations riveraines. Si ces recommandations sont prises en compte dans le cadre du futur plan d'action (surtout si le cadre de dialogue et de concertation, dont les bases ont été jetées à la faveur de ce premier cycle de gestion adaptative du lac Wégna, est maintenu et consolidé par les acteurs locaux), elles peuvent permettre de mieux gérer les ressources du lac Wégna de façon durable, et réduire ainsi la vulnérabilité des populations concernées. De façon spécifique, elles peuvent permettre : (1) la bonne reconstitution de la forêt riveraine afin de limiter le ruissellement et l'érosion hydrique vers le lac Wégna (donc limiter son envasement), tout en fournissant aux populations locales non seulement divers services écosystémiques forestiers, mais en constituant en même temps un refuge (habitat) pour la faune ; (2) assurer une source de revenus à ces populations à travers l'élevage des poissons en étang, et diminuer éventuellement la pression de pêche sur le lac ; (3) désamorcer les conflits qui pourraient naître de la multiplicité des acteurs et des usages concurrents autour de ce lac.

Vu l'importance du lac Wégna pour les populations riveraines, il est souhaitable que d'autres acteurs, y compris l'État malien et les collectivités territoriales, s'impliquent

d'avantage pour aider les communautés locales dans leur lutte de "survie" pour sauver cette ressource vitale qu'est le lac Wégna.

En perspective, cette étude ouvre un boulevard à d'autres études, car la modicité de nos moyens financiers et le temps matériel dont nous disposons nous ont amenés à restreindre notre zone d'intervention aux localités situées juste à proximité des lacs Wégna et Kononi. Il serait peut-être intéressant d'étendre la zone d'études à l'ensemble du bassin versant en y intégrant l'ensemble des communes concernées (Figure 37). Il pourrait s'agir d'explorer la possibilité de mobiliser les populations de ces communes autour de la gestion du bassin versant du lac Wégna en privilégiant une approche de gestion adaptative par bassin versant. Ainsi, l'action individuelle et collective de ces communes pourrait contribuer à mieux gérer les ressources du lac Wégna et celles de son bassin.

Contribution ou apport de cette étude

L'originalité de cette étude tient du fait qu'elle a permis de réaliser toutes les étapes du processus de la gestion adaptative avec les populations rurales à une échelle locale beaucoup plus fine, le terroir, en tenant compte de leur savoir traditionnel, et ce, dans le but de préserver une de leurs ressources naturelles les plus précieuses (la zone humide du lac Wégna) face aux effets des changements climatiques. L'intégration de ces formes de savoir aux pratiques existantes augmente l'efficacité des mesures d'adaptation (GIEC, 2014). Il s'agit donc d'une mise en œuvre concrète des options d'adaptation aux changements climatiques repensées à la base. En effet, certaines études évaluent les impacts des changements climatiques, d'autres élaborent des stratégies d'adaptation, mais rares sont celles qui conduisent à une mise en œuvre des options d'adaptation, encore moins à un suivi-évaluation et un ajustement. Au Mali, quelques études ont été menées sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques (CNRST/Projet Climat, 2003), d'autres l'ont été dans le cadre du PANA¹⁰ (M.E.T/DNM, 2007). Cependant, ces études demeurent assez générales et étendues à l'ensemble du pays ou à un domaine spatial assez

¹⁰ Programme d'Action National pour l'Adaptation

large (Région). Elles ne prennent pas nécessairement en compte les questions spécifiques de vulnérabilité des communautés à l'échelle du terroir face aux effets adverses des changements climatiques ainsi que leur adaptabilité actuelle et future. D'où la pertinence de cette étude.

Une autre contribution de cette étude est l'analyse de la dynamique spatiale de la zone humide du lac Wégna. En effet, certaines études ont été menées sur la zone humide du lac Wégna dans le cadre de l'inventaire et la caractérisation des zones humides au Mali (Dicko *et al.*, 2007); d'autres y ont été effectuées sur la gouvernance (Coulibaly, 2013); d'autres encore ont fait une description générale de cette zone humide en vue de son inscription comme site Ramsar (Coulibaly *et al.*, 2011). Mais, la présente étude, tout en s'inspirant des précédentes, a le mérite d'utiliser les images satellites pour analyser les mutations physiques que la zone humide du lac Wégna a connues de 1972 à 2018. Ces mutations se traduisent essentiellement par une augmentation progressive des sols nus (champs de culture, bâtis, etc.); une régression du couvert végétal (forêt-galerie, savanes); et une diminution des étendues d'eau libre.

Par ailleurs, nous avons documenté en image, dans la partie annexe de cette thèse, un certain nombre d'espèces animales et végétales qui sont plus ou moins abondantes dans la zone humide du lac Wégna. En effet, les photos de ces différentes espèces, suivies d'une brève description de celles-ci, permettent d'illustrer les noms de ces mêmes espèces cités dans la thèse.

Enfin, notons que cette étude, en plus des avantages qu'elle a procurés directement aux communautés locales concernées, pourrait servir à d'autres acteurs comme l'État du Mali. Celui-ci peut s'en inspirer pour gérer les milieux humides par l'implication effective des populations locales dans le processus de gestion de leurs ressources afin qu'elles en tirent durablement profit. Également, elle pourra servir de document de base pour les intervenants extérieurs qui investissent dans le développement local; elle pourrait aider aussi les services décentralisés et même d'autres chercheurs.

Bibliographie

- Adams, W. (1993). Indigenous use of wetlands and sustainable development in West-Africa. *Geographical journal*, 159(2), 209-218.
- Adams, W. M. (2009). *Green development: Environment and sustainability in a developing world* (3rd ed). Routledge.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268–281.
- Adger, W. N., Agrawala, S., Mirza, M. M. Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B., & Takahashi, K. (2007). *Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 717-743.
- Adjanohoun, E. J., et Technique, A. de C. C., Ake Assi, L., Floret, J. J., Guinko, S., & Koumaré, M. (1979). *Médecine traditionnelle et pharmacopée ; contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Mali*, Ed. Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris (France).
- AEDD (Agence de l'Environnement et du Développement Durable). (2012). *Rapport national sur le développement durable au Mali, dans la perspective de RIO+20*. République du Mali, 54 p.
- Agarwal, A., delos Angeles, M. S., Bhatia, R., Chéret, I., Davila-Poblete, S., Falkenmark, M., Villarreal, F. G., Jønch-Clausen, T., Kadi, M. A., Kindler, J., & others. (2000). *Integrated water resources management*. Global water partnership, Swedish International Development Agency, Stockholm, Sweden, TAC Background Papers, no. 4.
- Akpoyè, D. H., Landeou, R. C., & Orékan, V. O. (2018). 'Anthropisation Et Dynamique Des Paysages En Pays Agonlin Au Bénin. *European Scientific Journal, ESJ*, 14, 36.
- Al Hamndou, D., & Requier-Desjardins, M. (2008). Variabilité climatique, désertification et biodiversité en afrique : S'adapter, une approche intégrée. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 8 Numéro 1. <https://doi.org/10.4000/vertigo.5356>.
- Ali, A. (2010). Variabilité et changements du climat au Sahel : Ce que l'observation nous apprend sur la situation actuelle. *Grain de sel*, 49, 13–14.

- Ali, Abdou, Lebel, T., & Amani, A. (2008). Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 19(4), 227–235.
- Allard-Poesi, F., & Perret, V. (2003). La recherche-action. *Conduire un projet de recherche, une perspective qualitative*, Éditions EMS, Paris, 86-132.
- Allen, C. R., Fontaine, J. J., Pope, K. L., & Garmestani, A. S. (2011). Adaptive management for a turbulent future. *Journal of Environmental Management*, 92(5), 1339-1345. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.019>.
- Allen, C. R., & Gunderson, L. H. (2011). Pathology and failure in the design and implementation of adaptive management. *Journal of Environmental Management*, 92(5), 1379-1384. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.063>.
- AMCOW (African Ministers' Council on Water). (2012). Rapport de situation sur l'application des approches intégrées de la gestion des ressources en eau en Afrique, *Catherine McMullen*, Abuja, Nigeria, 91 p.
- Amogu, O. (2009). *La dégradation des espaces sahéliens et ses conséquences sur l'alluvionnement du fleuve Niger moyen*, Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier Grenoble 1. <https://www.researchgate.net/publication/30513279>.
- Amoussou, E. (2010). Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). [Thèse de doctorat, Géographie physique appliquée, Université de Bourgogne]. France, 316 p.
- Andersen, I., Dione, O., & Jarosewich-Holder, M. (2006). (2006). *Le bassin du fleuve Niger : Vers une vision de développement durable*. Banque mondiale, Washington, 172 p.
- Andriamasimanana, R. (2011). Analyses de la dégradation du lac Kinkony pour la conservation du Complexe des Zones Humides Mahavavy-Kinkony, Région Boeny, Madagascar. *Madagascar Conservation & Development*, 6(1).
- Antonius, R. (2008). *Initiation au logiciel d'analyse statistique SPSS : Laboratoires et exercices divers*. Bibliothèque Paul-Émile Boulet de l'Université du Québec à Chicoutimi. J.-M. Tremblay. <https://doi.org/10.1522/030110914>.
- Assemblée Régional de Kayes. (2009). *Schéma régional d'aménagement du territoire de Kayes (srat-Kayes), Rapport final*, République du Mali, 257 p.
- Assemblée Régionale de Koulikoro. (2008). *Diagnostic régional de Koulikoro, situation de référence sur base d'analyse documentaire*, Ministère de l'administration territoriale, République Du Mali, 134 p.

- Assemblée Régionale de Koulikoro. (2012). *Étude diagnostique des secteurs économiques porteurs et espaces économiques partagés dans la région de Koulikoro* (p. 115). <http://geradsn.org/etudes/eep/koulikoro.pdf>, consulté le 13 décembre 2017.
- Balvay, G. (1980). Fonctionnement et contrôle du réseau trophique en étang. *BILLARD. La pisciculture en étang INRA., Pull Paris*, 47–49.
- Bannister, E. N. (1980). Hypsometries of Michigan's Southeastern Lake Plain. *Journal of Great Lakes Research*, 6(2), 154-163.
- Baribeau, C. (2009). Analyse des données des entretiens de groupe. *Recherches qualitatives*, 28(1), 133–148.
- Beaud, S., & Weber, F. (2010). *Guide de l'enquête de terrain produire et analyser des données ethnographiques*. La Découverte.
- Beaugrand, J. P. (1988). Observation directe du comportement. *Fondements et étapes de la recherche scientifique en psychologie*, 3, 277–310.
- Becerra, S. (2012). Vulnérabilité, risques et environnement : L'itinéraire chaotique d'un paradigme sociologique contemporain. *VertigO, Volume 12 Numéro 1*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.11988>.
- Béné, C., Kodio, A., Lemoalle, J., Mills, D., Morand, P., Ovie, S., Sinaba, F., & Tafida, A. (2009). *Participatory diagnosis and adaptive management of small-scale fisheries in the Niger River. CPWF Project Number 72: CGIAR Challenge Program on Water and Food Project Report series*.
- Benjaminsen, T. A. (1996). Bois-énergie, déboisement et sécheresse au Sahel : Le cas du Gourma malien. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 7(3), 179-185.
- Bergkamp, G., & Orlando, B. (1999). Wetlands and climate change. *Exploring collaboration between the Convention on Wetlands and the United Nations Framework Convention on Climate Change. Background paper from the World Conservation Union (IUCN)*.
- Berkes, F. (1999). *Sacred Ecology: Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*. Taylor and Francis, Philadelphia and London, UK.
- Berkes, F. (2006). *From community-based resource management to complex systems: The scale issue and marine commons*. *Ecology and Society*, 11(1).
- Berkes, Fikret, Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), 1251-1262. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2).

- Berkes, Fikret, George, P. J., & Preston, R. J. (1991). *Co-management: The evolution of the theory and practice of joint administration of living resources*. Program for Technology Assessment in Subarctic Ontario, McMaster University.
- Berthe, A., & Kone, B. (2008). Wetlands and Sanitation-A View from Africa. In *Healthy Wetlands, Healthy People*. Report of the Shaoxing City Symposium (pp. 42-56). *Healthy Wetlands, Healthy People*.
- Bessemoulin, P., & Boucher, O. (2002). Les besoins en observations pour la climatologie. *Météorologie*, 39, 36–42.
- Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies*, 1, 9–54.
- Biswas, A. K. (2004). Integrated water resources management: A reassessment: a water forum contribution. *Water international*, 29(2), 248–256.
- Blench, R. (1998). *Resource conflict in semi-arid Africa: An essay and annotated bibliography*, ODI Research Study. Overseas Development Institute.
- Board, O. S., & Council, N. R. (2004). *Adaptive management for water resources project planning*. National Academies Press.
- Boesch, D. F., Manley, P. N., & Melis, T. S. (2006). The future of water resources adaptive management: Challenges and overcoming them. *Water Resources IMPACT*, 8(3), 21–23.
- Bormann, B. T., Martin, J. R., Wagner, F. H., Wood, G. W., Alegria, J., Cunningham, P. G., Brookes, M. H., Friesema, P., Berg, J., & Henshaw, J. R. (1999). *Bormann, B.T., J.R. Martin, F.H. Wagner, G. Wood, J. Alegria, P.G. Cunningham, M.H. Brookes, P. Friesema, J. Berg, and J. Henshaw. 1999. Adaptive management. Pages 505-534 in: N.C. Johnson, A.J. Malk, W. Sexton, and R. Szaro (eds.) Ecological Stewardship: A common reference for ecosystem management. Elsevier, Amsterdam.*
- Bouldjedri, M., de Bélair, G., Mayache, B., & Muller, S. D. (2011). Menaces et conservation des zones humides d’Afrique du Nord : Le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes Rendus Biologies*, 334(10), 757-772.
- Boulmane, M., Khia, A., & Abbasi, H. (2017). Eucalyptus camaldulensis et fertilité des sols dans la plaine de Sidi Yahya-Gharb (Nord-ouest du Maroc). *Nature & Technology*, 16, 1A.
- Boureima, M., Abasse, T. A., Montes, C. S., Weber, J. C., Katkoré, B., Mounkoro, B., Dakouo, J.-M., Samaké, O., Sigué, H., & Bationo, B. A. (2012). *Analyse participative de la*

vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques: Un guide méthodologique. Nairobi, World agroforestry centre.

Branch, W. R., & Hacke, W. D. (1980). A fatal attack on a young boy by an African rock python *Python sebae*. *Journal of Herpetology*, 14(3), 305–307.

Brenda Taylor, Laurie Kremsater, and Rick Elli, Forest Practices Branch, Ellis, R., Kremsater, L. L., & Taylor, B. (1997). *Adaptive management of forests in British Columbia*. Ministry of Forests, Forest Practices Branch.

Bretaudeau, A., Sarr, B., & Traoré, S. (2011). *Actions d'adaptation au Changement climatique pour le développement rural, la biodiversité et la GIRE, communication lors du Forum Africain sur le Développement Durable, Bamako, 8 p.*

Brooks, N., & Adger, W. N. (2005). Assessing and enhancing adaptive capacity. *Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies and measures*, 165–181.

Brugnach, M., Dewulf, A., Pahl-Wostl, C., & Taillieu, T. (2008). Toward a Relational Concept of Uncertainty: About Knowing Too Little, Knowing Too Differently, and Accepting Not to Know. *Ecology and Society*, 13(2). <https://doi.org/10.5751/ES-02616-130230>.

Bruton, M. N. (1985). The effects of suspensoids on fish. *Hydrobiologia*, 125(1), 221–241.

Burini, F. (2008). *La cartographie participative et la pratique du terrain dans la coopération environnementale : La restitution des savoirs traditionnels des villages de l'Afrique subsaharienne. In À travers l'espace de la méthode : Les dimensions du terrain en géographie, Arras, France.*

Burini, F. (2013). L'évolution de la cartographie auprès des sociétés traditionnelles en Afrique subsaharienne. *L'Information géographique*, 77(4), 68-87.

Busquet, M. B. (2006). Des stratégies intégrées durables : Savoir écologique traditionnel et gestion adaptative des espaces et des ressources. *Vertigo, Volume 7 Numéro 2*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.2279>.

Butterworth, J., Warner, J., Moriarty, P., & Batchelor, C. (2010). Local approaches to integrated water resources management. *Water alternatives*, 3(1), 68-81.

Carbonnel, J. P., & Hubert, P. (1992). *Pluviométrie en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne : Remise en cause de la stationnarité des séries. In Aridité. Une contrainte au développement ; Editions ORSTOM, pp. 37-51.*

Castro, G., Chomitz, K., & Thomas, T. S. (2002). The Ramsar Convention: Measuring its Effectiveness for Conserving Wetlands of International Importance. *World Bank and World Wild Life Fund. Ramsar COP, 8*.

- CEDEAO. (2008). *Politique des ressources en eau de l'Afrique de l'ouest*. Abuja, 24 p.
- CEDEAO/OOAS (Communauté Économique des États de l'Afrique de l'ouest/Organisation ouest africaine de la santé). (2013). *Pharmacopée d'Afrique de l'ouest*, Kumasi, Ghana, 268 p.
- Chabalier, P. (2002). Les phénomènes de dégradation des sols et de l'environnement : facteurs physiques et humains. In : Séminaire des sols, environnement et développement, Antananarivo, Madagascar, 27 février au 02 mars 2002.
- Chambers, R. (1989). Editorial Introduction: Vulnerability, Coping and Policy. *IDS Bulletin*, 20(2), 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.1989.mp20002001.x>.
- Chasek, P. S. (1997). The convention to combat desertification: Lessons learned for sustainable development. *The Journal of Environment & Development*, 6(2), 147–169.
- Cherlet, J., & Venot, J.-P. (2013). Structure and agency: Understanding water policy changes in West Africa. *Water Policy*, 15(3), 479. <https://doi.org/10.2166/wp.2013.086>.
- Ciliberti, A. (2011). *Le Varan du Nil (Varanus niloticus), indicateur de la pollution des zones humides d'Afrique Sub-Saharienne*, Thèse de doctorat, sciences agricoles, Lyon I, France.
- Cissé, P., Malicki, Z., Barbier, B., & Maïga, A. (2010). Les migrations, une stratégie d'adaptation à la variabilité climatique en zones sahéliennes. *Revue de géographie du laboratoire Leïdi*, 8, p. 184-196.
- Cissé, S. (2016). *Étude de la variabilité intra saisonnière des précipitations au Sahel : Impacts sur la végétation (cas du Ferlo au Sénégal)* [PhD Thesis]. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.
- Clot, N. (2008). Changement climatique au Mali. Introduction et développement du thème Changement climatique dans la Délégation Intercooperation Sahel. Analyse de CRISTAL au Mali par Intercooperation. *Intercoopération*, 27 p.
- Cohen, P., Evans, L., & Govan, H. (2015). Community-based, co-management for governing small-scale fisheries of the Pacific: A Solomon Islands' case study. In *Interactive Governance for Small-Scale Fisheries* (p. 39–59). Springer.
- Cordonnier, T., & Gosselin, F. (2009). La gestion forestière adaptative : intégrer l'acquisition de connaissances parmi les objectifs de gestion. *Revue Forestière Française*, 61(2), 131-143.
- Coulibaly, F. (2013). *Analyse de la gouvernance locale de la zone humide du lac Wégnia (Mali) (Mémoire de Master)*. Université Senghor. 59 p.

- Coulibaly, H. (2019). *Étude photochimique et des activités biologiques de Combretum glutinosum Perr Ex. Dc, Combretum micranthum G. Don et Guiera senegalensis J. F Gmel (Combretaceae), utilisées dans la prise en charge de l'hypertension artérielle au Mali* [PhD Thesis]. USTTB.
- Coulibaly, I. M., Traoré, N., Timbo, S., & Dembélé, I. (2011). *Fiche descriptive sur la zone humide du lac Wegnia, République du Mali, 10 p.*
- Cowan, G. I. (1995). Wetland regions of South Africa. *Wetlands of South Africa*, 21–31.
- Cuny, P., Sanogo, S., & Sommer, N. (1997). *Arbres du domaine soudanien : Leurs usages et leur multiplication. Centre régional de la recherche agronomique de Sikasso/ Programme Gestion Durable des Ressources Naturelles, Intercoopération, Sikasso, Mali, 122 p.*
- Daghor, L., Hssaida, T., Hamoumi, N., Chakir, S., Eneffah, B., Fraikech, M., & El bouhmadl, K. (2015). *Réponse des populations phytoplanctoniques (kystes et formes végétatives) face aux changements environnementaux dans les lagunes de Sidi Moussa et Oualidia, Maroc, conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, Édition 3, FERRARA, ITALIA, disponible en ligne <http://www.paralia.fr>.*
- Daïwe, N., & Ngatcha, B. N. (2010). Etude de l'envasement du lac Dang (Ngaoundéré, Cameroun) et estimation des transports solides en suspension. The study of silting in the Lake of Dang (Ngaoundéré—Cameroon) and the estimation of the suspended sediment transport. *Pangea*, N° 47/48, pp.63-67.
- De Noray, M.-L. (2003). Delta intérieur du fleuve Niger au Mali – quand la crue fait la loi : L'organisation humaine et le partage des ressources dans une zone inondable à fort contraste. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 4 Numéro 3*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.3796>.
- DEC (Department of Environment and Conservation). (2012). *A guide to managing and restoring wetlands in Western Australia. Department of Environment and Conservation, Perth, Western Australia.*
- DCI (DENE CULTURAL INSTITUTE). (1995). *The importance of knowing. Report prepared for the Dogrib Treaty 11 Council and BHP Diamonds Inc., June 1995. In: BHP Diamonds Inc. 1995: Appendix I-A7.*
- Di Gregorio, A. (2016). Land Cover Classification System—Classification concepts Software version 3. *FAO, Rome, 40 p.*
- Diarra, N., Togola, A., Denou, A., Willcox, M., Daou, C., & Diallo, D. (2016). Etude ethnobotanique des plantes alimentaires utilisées en période de soudure dans les régions Sud du Mali. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1), 184. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.14>.

- Dicko, M. B., Diarra, B., & Traoré, N. (2007). *Inventaire et caractérisation des zones humides au Mali, Ministère de l'environnement et de l'assainissement du Mali/Direction nationale de la conservation de la nature, Bamako* (p. 240).
- Diedhiou, A., Bichet, A., Wartenburger, R., Seneviratne, S. I., Rowell, D. P., Sylla, M. B., Diallo, I., Todzo, S., N'datchoh, E. T., & Camara, M. (2018). Changes in climate extremes over West and Central Africa at 1.5 C and 2 C global warming. *Environmental Research Letters*, 13(6), 065020.
- Dixon, A. B., & Wood, A. P. (2003). Wetland cultivation and hydrological management in eastern Africa: Matching community and hydrological needs through sustainable wetland use. *Natural Resources Forum*, 27(2), 117-129.
- DNH, UNESCO-WWAP. (2006). *Rapport national sur la mise en valeur des ressources en eau : Mali ; Une Étude de cas du WWAP préparée pour le 2ème rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau : L'Eau, une responsabilité partagée*. 212 p.
- DNSI/BCR (Direction nationale de la statistique et de l'informatique/Bureau Central de Recensement. (1998). *Répertoire des villages et fractions par région, cercle et commune, RGPH 98, République du Mali*, 171 p.
- Dorlöchter, S., & Nill, D. (2012). *Bonnes pratiques de CES/DRS. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs—Les expériences de quelques projets au Sahel. GmbH, Eschborn, Germany, 60 p.*
- DRGRK (Direction régionale du génie rural de Koulikoro). (2009). *Études de faisabilité du projet d'aménagement du bas-fond de Wégnia, Koulikoro, Mali*, 29 p.
- Duchesne, S., & Haegel, F. (2004). *L'enquête et ses méthodes : Les entretiens collectifs*. Nathan, 134 p.
- Dugan, P., & Dugan, P. J. (1990). *Wetland conservation: A review of current issues and required action*. IUCN.
- Dugan, P. J. (1997). *La conservation des zones humides : Problèmes actuels et mesures à prendre*. UICN-Union mondiale pour la nature, Gland, Suisse, 100 p.
- Dugué, P., Rodriguez, L., Ouoba, B., & Sawadogo, I. (1994). *Techniques d'amélioration de la production agricole en zone soudano-sahélienne : Manuel à l'usage des techniciens du développement rural, élaboré au Yatenga, Burkina Faso*. CIRAD-SAR.
- Dupuis, J., & Knoepfel, P. (2011). Les barrières à la mise en œuvre des politiques d'adaptation au changement climatique : Le cas de la Suisse : Les barrières aux politiques d'adaptation. *Swiss Political Science Review*, 17(2), 188-219. <https://doi.org/10.1111/j.1662-6370.2011.02011.x>.

- ECOWAS-SWAC/OECD. (2008). *Atlas on regional integration in West Africa, Climate and Climate Change*, 24 p. Available at: <https://www.oecd.org/swac/publications/40121025.pdf>.
- Erwin, K. L. (2009). Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management*, 17(1), 71-84.
- FAO. (1996). *Crues et apports : Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche*, Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, 54, Rome, Italie.
- FAO. (2008). *Climate and Climate Change in West Africa*. Rome. Available at: http://www.fao.org/nr/clim/docs/clim_080502_en.pdf.
- FAO. (2015). *AQUASTAT Profil de Pays –Mali. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture*. Rome, Italie, 20 p.
- FAO. (2016). *AQUASTAT - FAO's Information System on Water and Agriculture*. Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/Profile_segments/MLI-WR_fra.stm.
- Finlayson, C. M., Davidson, N., Pritchard, D., Milton, G. R., & MacKay, H. (2011). The Ramsar Convention and Ecosystem-Based Approaches to the Wise Use and Sustainable Development of Wetlands. *Journal of International Wildlife Law & Policy*, 14(3-4), 176-198.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C., Walker, B., Bengtsson, J., Berkes, F., Colding, J., Danell, K., Falkenmark, M., Gordon, L., Kaspersen, R., Kautsky, N., Kinzig, A., Levin, S., Mäler, K.-G., Ohlsson, L., Olsson, P., ... Svedin, U. (2002). *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. Scientific Background Paper on Resilience for the process of The World Summit on Sustainable Development on behalf of The Environmental Advisory Council to the Swedish Government*, 34 p.
- Formarier, M. (1992). « Les échantillonnages – petites révisions », *Recherche en soins infirmiers*. 12, 91-98.
- Gallais, J. (1977). Strategies sahéliennes et avenir du Sahel. *Strategies pastorales et agricoles des Sahéliens devant la sécheresse*, 74, 261–281.
- Gangbazo, G. (2009). *Le suivi et l'évaluation, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, Québec, Canada*, 19 p.
- Gangbazo, Georges. (2011). *Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau : Un manuel pour assister les organismes de bassin versant du Québec dans la*

planification de la gestion intégrée des ressources en eau. Québec, Québec : Ministère du développement durable, de l'environnement et des Parcs, 329 p.

- Garouani, A. E., Chen, H., Lewis, L., Tribak, A., & Abharour, M. (2008). Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du SIG idrisi au nord-est du maroc. *Téledétection, Editions scientifiques GB*, 8(3), pp.193-201.
- Gebreslassie, H., Gashaw, T., Mehari, A., & others. (2014). Wetland degradation in Ethiopia: Causes, consequences and remedies. *Journal of Environment and Earth Science*, 4(11), 40–48.
- Gendreau, Y. (2016). *La conservation dans le contexte des changements climatiques au Québec : Analyse de vulnérabilité et stratégies d'adaptation* [PhD Thesis]. Université du Québec à Rimouski.
- Gendreau, Y., Gagnon, C., Berteaux, D., & Pelletier, F. (2012). Cogestion adaptative des parcs du Nunavik dans un contexte de changements climatiques. *Téoros: Revue de recherche en tourisme*, 31(1), 61–71.
- Ghedira, K., & Goetz, P. (2014). Azadirachta indica A. Juss. —Neem, Meliaceae. *Phytothérapie*, 12(4), 252-257. <https://doi.org/10.1007/s10298-014-0876-4>.
- GIEC. (2014a). *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White]*. Organisation météorologique mondiale, Genève (Suisse), 34 p.
- GIEC. (2014b). *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]*. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- GIZ. (2015). *Guide de référence sur la vulnérabilité : Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées, Bonn et Eschborn, Allemagne, 180 p.*
- GIZ et EURAC. (2017). *Guide complémentaire sur la vulnérabilité : Le concept de risque. Lignes directrices sur l'utilisation de l'approche du Guide de référence sur la vulnérabilité en intégrant le nouveau concept de risque climatique de l'AR5 du GIEC. Bonn : GIZ, 64 p.*
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Pachauri, R. K., & Meyer, L. A. (2015). *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse : contribution des*

Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

Gunderson, L. H., Holling, C. S., & Light, S. S. (1995). *Barriers and bridges to the renewal of ecosystems and institutions*. Columbia University Press.

GWP/AO. (2013). *Gestion intégrée des ressources en eau en Afrique de l'Ouest. Axe de travail : Renforcer les capacités du secteur (Rapport final)*, GWP Afrique de l'ouest, liv consulting, Université de st louis au Sénégal, 44 p.

GWP/RIOB. (2009). *Manuel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau par Bassin, Stockholm, Sweden, 111 p.*

Gyampoh, B. A., Amisah, S., Idinoba, M., & Nkem, J. (2009). *Utiliser le savoir traditionnel pour s'adapter aux changements climatiques dans le Ghana rural, Unasyuva (FAO)*. 60(231/232), 5.

Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243-1248.

Harris, I., Jones, P. D., Osborn, T. J., & Lister, D. H. (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 34(3), 623-642. <https://doi.org/10.1002/joc.3711>.

Hertrich, V., & Keïta, S. (2003). *Questions de population au Mali*. Le Figuier.

Hilborn, R. (1992). Can Fisheries Agencies Learn from Experience? *Fisheries*, 17(4), 6-14. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1992\)017<0006:CFALFE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1992)017<0006:CFALFE>2.0.CO;2).

Hilhorst, D. J. M. (2004). Complexity and diversity: Unlocking social domains of disaster response. In *Mapping vulnerability: Disasters, development & people* (p. 52–66). Earthscan.

Hmaldi, A. E., Monyr, N., Abassi, M. E., Essahlaoui, A., Abdallaoui, A., & Ouali, A. E. (2014). [*GIS tools and physiographic and climatic characterization Watershed Dam Sidi Chahed (NE Meknes, Morocco)*]. 8(1), 17.

Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K., & Engelbrecht, F. (2018). *Impacts of 1.5 °C global warming on natural and human systems. Global warming of 1.5° C. An IPCC Special Report*.

Holling, C. S. (1978). *Adaptive environmental assessment and management*. John Wiley & Sons.

Hountondji, Y. C. (2008). *Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal*. Université de Liège, Belgique, 153 p.

- Hunn, E. (1993). *What is traditional ecological knowledge?* In: Williams, N., and Baines, G., eds. *Traditional ecological knowledge: Wisdom for sustainable development*. Canberra: Australian National University. 13–15.
- Idrissi, B. E. F., Cherai, B., Hinaje, S., & Mehdi, K. (2018). Climatic variability and its influence on water resources in the northern part of the middle atlas moroccan: the case of the sefrou and the anoceur causes. *Iarhyss Journal ISSN 1112-3680*, 0(32), 155-179.
- Igbatayo, S. A. (2018). *Combating Climate Change and Land Degradation in the West African Sahel: A Multi-Country Study of Mali, Niger and Senegal*. In PAUWES Research-2-Practice Forum 2018. Available at: <https://ssrn.com/abstract=3210526>.
- INSTAT-Mali. (2013). 4e recensement général de la population et de l’habitat du Mali (RGPH), résultats définitifs. République du Mali, 298 p. http://www.instat-mali.org/contenu/rgph/tdemo09_rgph.pdf, consulté le 8 janvier 2017.
- INSTAT-Mali. (2018). *LE MALI EN CHIFFRES 2012—2016, Ministère de l’Aménagement du Territoire et de la Population, Bamako, Mali, 28 p.* http://www.instat-mali.org/contenu/pub/machif16_pub.pdf, consulté le 12 août 2020.
- IPCC (Éd.). (2007). *IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.* Cambridge University Press.
- IPCC. (2018a). *Annex I: Glossary [R. Matthews (ed.)]. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press.*
- IPCC. (2018b). *Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.*

- Janicot, S. (2012). État des recherches sur l'attribution de la variabilité décennale récente en Afrique de l'Ouest. *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux*, 65(260), 463-477. <https://doi.org/10.4000/com.6694>.
- Jeffrey, P., & Gearey, M. (2006). Integrated water resources management: Lost on the road from ambition to realisation? *Water Science and Technology*, 53(1), 1-8. <https://doi.org/10.2166/wst.2006.001>.
- Johnson, B. L. (1999). Introduction to the Special Feature: Adaptive Management-Scientifically Sound, Socially Challenged? *Conservation Ecology*, 3(1).
- Johnson, F., & Williams, K. (1999). Protocol and Practice in the Adaptive Management of Waterfowl Harvests. *Conservation ecology*, 3(1).
- Josefina Maestu. (2015). *Water and Sustainable Development: Implementing the water related Sustainable development goals. The relevance of technology, UN-Water*, 99 p.
- Junk, W. J., An, S., Finlayson, C. M., Gopal, B., Květ, J., Mitchell, S. A., Mitsch, W. J., & Robarts, R. D. (2013). Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: A synthesis. *Aquatic Sciences*, 75(1), 151-167. <https://doi.org/10.1007/s00027-012-0278-z>.
- Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, 106(1), 110–127.
- Kabii, T. (1996). *An Overview of African Wetlands, Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland*. 6 p.
- Kates, R. W., Travis, W. R., & Wilbanks, T. J. (2012). Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(19), 7156-7161.
- Kestemont, P., Micha, J. C., & Falter, U. (1989). *Les Méthodes de Production d'Alevins de Tilapia nilotica. ADCP/REP/89/46, FAO, Rome*, 132 p.
- Klutse, N. A. B., Ajayi, V. O., Gbobaniyi, E. O., Egbebiyi, T. S., Kouadio, K., Nkrumah, F., Quagraine, K. A., Olusegun, C., Diasso, U., & Abiodun, B. J. (2018). Potential impact of 1.5 C and 2 C global warming on consecutive dry and wet days over West Africa. *Environmental Research Letters*, 13(5), 055013.
- Kolberg, H., Griffin, M., & Simmons, R. (1997). *The ephemeral wetlands of central Northern Namibia. In: Halls, A.J. (ed.). Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention: The Role of the Convention on Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland*. 3.

- Kouassi, A. M., Kouamé, K. F., Koffi, Y. B., Dje, K. B., Paturel, J. E., & Oulare, S. (2010). Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : Cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cybergeog : European Journal of Geography*.
- Krief, N., & Zardet, V. (2013). Analyse de données qualitatives et recherche-intervention. *Recherches en sciences de gestion*, 2, 211–237.
- Kuper, M., Maïga, H., & Témé, B. (2002). Commercialisation du riz traditionnel dans le delta intérieur du Niger (Mali). In D. Orange, R. Arfi, M. Kuper, P. Morand, Y. Poncet, & GIRN-ZIT : Gestion Intégrée des Ressources Naturelles en Zones Inondables Tropicales : Séminaire International, Bamako (MLI), 2000/06/20-23 (Éds.), *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales* (Centre IRD de Bondy ; p. 639-660). IRD.
- Laabidi, A., Abdellah El Hmaid, Lahcen Gourari, & Mourad El ABASSI, (2016). Apports Du Modele Numerique De Terrain Mnt A La Modelisation Du Relief Et Des Caracteristiques Physiques Du Bassin Versant Du Moyen Beht En Amont Du Barrage El Kansera (Sillon Sud Rifain, Maroc). *European Scientific Journal*, 12(29).
- Laban, O. (2009). Climate variability and change in Africa: a review of potential impacts on terrestrial water resources. In *Groundwater and climate in Africa. Proceedings of the Kampala Conference, Uganda, 24-28 June 2008* (pp. 47-51). IAHS Press.
- Laffly, D. (1993). L'évolution des paysages et de l'occupation du sol observée par satellites. *Mappemonde*, 3(93), 22–28.
- Lam, V., Cheung, W., Swartz, W., & Sumaila, U. (2012). Climate change impacts on fisheries in West Africa: Implications for economic, food and nutritional security. *African Journal of Marine Science*, 34(1), 103-117.
- Lavigne-Delville, P. (2009). Des conventions locales pour gérer ensemble les ressources naturelles ? *Grain de Sel*, 46-47, 9–10.
- Lay, J., Narloch, U., & Mahmoud, T. O. (2009). Shocks, structural change, and the patterns of income diversification in Burkina Faso. *African Development Review*, 21(1), 36–58.
- Le Barbé, L., Lebel, T., & Tapsoba, D. (2002). Rainfall Variability in West Africa during the Years 1950–90. *Journal of Climate*, 15(2), 187-202. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<0187: RVIWAD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<0187: RVIWAD>2.0.CO;2).
- Lee, K. (1999). Appraising Adaptive Management. *Conservation Ecology*, 3(2). <https://doi.org/10.5751/ES-00131-030203>.

- Lee, K. N. (1993). *Compass and Gyroscope Integrating Science and Politics for the Environment* Island Press [Z]. *Washington DC*.
- Lehner, B., & Döll, P. (2004). Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology*, 296(1-4), 1–22.
- Lemoalle, J. (dir), Magrin, G. (dir), Ngaressesem, G. M. (coord), Ngounou Natcha, B. (coord), Raimond, C. (coord), & Issa, S. (coord). (2014). *Le développement du Lac Tchad : Situation actuelle et futurs possibles = Developement of Lake Chad : current situation and possible outcomes. Expertise collégiale réalisée par l'IRD à la demande de la Commission du Lac Tchad = Expert group review under the IRD supervision and the request of the Lake Chad Basin Commission*. Marseille: IRD, (1633-9924), 215 p.
- Lemos, M. C. (2015). Usable climate knowledge for adaptive and co-managed water governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 12, 48-52. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.09.005>.
- Lesage, L. (2012). Les connaissances traditionnelles et la science : Un mariage possible ? *Le Naturaliste Canadien*, 136(1), 5-10.
- Lévêque, C., & Paugy, D. (1984). Guide des poissons d'eau douce de la zone du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Convention ORSTOM-OMS, Paris.
- Lévêque, C., & Paugy, D. (2006). *Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Paris : IRD, 564 p.
- Limoges, B., Boisseau, G., Gratton, L., & Kasisi, R. (2013). Terminologie relative à la conservation de la biodiversité in situ. *Le Naturaliste canadien*, 137(2), 21–27.
- Luiselli, L., Angelici, F. M., & Akani, G. C. (2001). Food habits of *Python sebae* in suburban and natural habitats. *African Journal of Ecology*, 39(1), 116–118.
- MA [(Millennium Ecosystem Assessment) (Program)] (Éd.). (2005). *Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment*. World Resources Institute.
- Magnan, A. (2009a). La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : Mise au point conceptuelle et facteurs d'influence. *Analyse Iddri*, 1.
- Magnan, A. (2009b). Proposition d'une trame de recherche pour appréhender la capacité d'adaptation au changement climatique. *Vertigo*, Volume 9 Numéro 3.
- Magnan, A. (2013). Éviter la maladaptation au changement climatique. *IDDRI Policy Briefs*, 8, 13.

- Magnan, A. (2014). De la vulnérabilité à l'adaptation au changement climatique : Éléments de réflexion pour les sciences sociales. *Monaco A, Prouzet P (éd.). Risque Côtiers et adaptations des sociétés. London : ISTE Editions, 241–274.*
- Mahé, G., Bamba, F., Orange, D., Fofana, L., Kuper, M., Marieu, B., Soumaguel, A., & Cissé, N. (2002). Dynamique hydrologique du delta intérieur du Niger (Mali). In D. Orange, R. Arfi, M. Kuper, P. Morand, & Y. Poncet (Éds.), *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales* (p. 179-195). IRD Éditions.
- Maltby, E., & Acreman, M. C. (2011). Ecosystem services of wetlands: Pathfinder for a new paradigm. *Hydrological Sciences Journal, 56*(8), 1341-1359.
- Malzy, P. (1962). La faune avienne du Mali. *L'Oiseau et Revue Française D'Ornithologie, 32*(11).
- Mano, K. (2016). *Fish Assemblages and Aquatic Ecological Integrity in Burkina Faso. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna Austria. [WWW Document]. URL [https://www. Google. Ch/search](https://www.Google.Ch/search).*
- Marie, J, Morand, P., & N'Djim, H. (2007). *Avenir du fleuve Niger - The Niger river's future.* Paris : IRD Éditions.
- Marie, Jérôme, Morand, P., & N'Djim, H. (2007). *Avenir du fleuve Niger.* IRD Editions.
- Marmorek, D. R., Robinson, D. C. E., Murray, C., & Greig, L. (2006). *Enabling adaptive forest management.* ESSA Technologies and National Commission on Science for Sustainable Forestry. <https://doi.org/10.13140/2.1.2301.5367>.
- Mas, J. F. (2000). Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. *Canadian Journal of Remote Sensing, 26*(4), 349-362. <https://doi.org/10.1080/07038992.2000.10874785>.
- Maydell Hans, J. (1990). *Arbres et Arbustles du Sahel : Leurs caractéristiques et leurs utilisations.* Verlag Josef Margraf. Scientific books. 295 p. GTZ.
- McCarthy, M. A., & Possingham, H. P. (2007). Active adaptive management for conservation. *Conservation Biology, 21*(4), 956–963.
- Mdee, A. (2017). Disaggregating orders of water scarcity-the politics of nexus in the Wami-Ruvu River Basin, Tanzania. *Water Alternatives, 10*(1), 100-115.
- MEA/AEDD (Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement/ Agence de l'Environnement et du Développement Durable). (2011). *Politique nationale sur les changements climatiques, Rapport final, République du Mali, 45 p.*

- MEAD (Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement durable). (2017). Rapport sur la troisième communication nationale du Mali à la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques, Mali, 247 p.
- MEDD/AEDD (Ministère de l'Environnement et du développement durable/ Agence de l'Environnement et du Développement Durable). (2018). Plan d'investissement pour une économie verte et résiliente aux changements climatiques pour le Mali, 172 p.
- Medema, W., McIntosh, B., & Jeffrey, P. (2008). From Premise to Practice: A Critical Assessment of Integrated Water Resources Management and Adaptive Management Approaches in the Water Sector. *Ecology and Society*, 13(2). <https://doi.org/10.5751/ES-02611-130229>.
- MEE (Ministère de l'Énergie et de l'Eau). (2012). Schéma directeur d'aménagement et de gestion des ressources en eau du bassin du Sourou-portion nationale du mali, ministère de l'énergie et de l'eau, 59 p.
- M.E.T/D.N.M (Ministère de l'équipement et des transports/Direction nationale de la météorologie). (2007). *Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques. Mali*. 100 p.
- Millogo-Rasolodimby, J. F., & Guinko, S. (2006). *Les plantes ligneuses spontanées à usages culinaires au Burkina Faso*, Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg 268, Frankfurt a.M., 7 : 125-133.
- Mitchell, S. A. (2013). The status of wetlands, threats and the predicted effect of global climate change: The situation in Sub-Saharan Africa. *Aquatic Sciences*, 75(1), 95-112. <https://doi.org/10.1007/s00027-012-0259-2>.
- Mitsch, W. J., Bernal, B., Nahlik, A. M., Mander, Ü., Zhang, L., Anderson, C. J., Jørgensen, S. E., & Brix, H. (2013). Wetlands, carbon, and climate change. *Landscape Ecology*, 28(4), 583-597. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9758-8>.
- Molle, François. (2008). Nirvana concepts, narratives and policy models: Insights from the water sector. *Water alternatives*, 1(1), 131–156.
- Molle, Francois. (2012). *La GIRE : Anatomie d'un concept*, In Julien, F. (Ed.), *La gestion intégrée des ressources en eau en afrique subsaharienne : Paradigme occidental, pratiques africaines (pp 23-53)*. Presses Universitaires du Québec, Montréal.
- Moorehead, R. (1984). Access to resources in the Niger Inland Delta, *Environmental issues in African development planning. Cambridge African Monographs*, 9.
- Morell, M., Thebe, B., & L'Hôte, Y. (1999). *Acquisition et constitution d'une information hydrologique de base*. Editions HGA, Bucarest, 202 p.

- Morgan, D. L. (1996). Focus groups. *Annual review of sociology*, 22(1), 129–152.
- Murphy, J. C., & Henderson, R. W. (1997). *Tales of giant snakes: A historical natural history of anacondas and pythons*. Krieger Publishing Company Malabar, Florida, USA.
- Murray, C., & Marmorek, D. (2003). Adaptive management and ecological restoration. *Ecological restoration of southwestern ponderosa pine forests*, 417–428.
- Musy, A. (2005). *Cours d'hydrologie générale. Laboratoire d'hydrologie et Aménagements (HYDRAM), Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne (Suisse)*.
- Mysiak, J., Henrikson, H.J., Sullivan, S., Bromley, J., and Pahl-Wostl, J. (Éd.). (2010). *The adaptive water resource management handbook*. Earthscan.
- Nations Unies. (1992). *Convention sur la diversité biologique*. New York, 32 p. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>, consulté le 2 mars 2020.
- Niang, I., Ruppel, O. C., Abdrabo, M. A., Essel, A., Lennard, C., Padgham, J., & Urquhart, P. (2014). *Africa, climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability—Contributions of the Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1199–1265.
- Niasse, M., Afouda, A., & Amani, A. (2004a). *Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification : Éléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation*. UICN, Gland, Suisse.
- Niasse, M., Afouda, A., & Amani, A. (2004b). *Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification : Éléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation*. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni., 71 p.
- Nichols, J. D., Runge, M. C., Johnson, F. A., & Williams, B. K. (2007). Adaptive harvest management of North American waterfowl populations: A brief history and future prospects. *Journal of Ornithology*, 148(2), 343–349.
- Nicholson, S. E. (1978). Climatic variations in the Sahel and other African regions during the past five centuries. *Journal of Arid Environments*, 1(1), 3-24.
- Nicholson, S. E. (1989). Long-term changes in African rainfall. *Weather*, 44(2), 46–56.
- Nicol, A., Langan, S., Victor, M., & Gonsalvez, J. (2015). *Managing water: Water resource management options for smallholder farming systems in sub-Saharan Africa* (Vol. 9, p. 627-643). International Water Management Institute (IWMI); CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE); Global Water Initiative East Africa (GWI EA).

- Noble, I. R., Anokhin, Y. A., & Carmin, J. (2014). Noble I.R., Huq S., Anokhin Y.A., Carmin J., Goudou D., Lansigan F.P., Osman-Elasha B., Villamizar A., 2014, "Adaptation needs and options" in Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L. (eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 833-868. 36 p.
- Nyong, A., Adesina, F., & Elasha, B. O. (2007). The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5), 787-797.
- O'Brien, K., Eriksen, S. E., Schjolden, A., & Nygaard, L. P. (2004). What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. *CICERO Working Paper*.
- O'Brien, K., Sygna, L., & Haugen, J. E. (2004). Vulnerable or Resilient? A Multi-Scale Assessment of Climate Impacts and Vulnerability in Norway. *Climatic Change*, 64(1/2), 193-225.
- OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL. (s.d.). *Amélioration de la Résilience des Populations Sahéliennes aux Mutations Environnementales : Cartographie de l'occupation du sol Spécifications techniques*, consulté le 11/09/2020 à partir de : http://www.oss-online.org/rep-sahel/images/Etudes/Regionales/Specifications_Cartographie_Occupation_Sols_OSS_REPSAHEL.pdf.
- OCDE. (2009). *Adaptation au changement climatique et coopération pour le développement document d'orientation*, OCDE, Paris, 208 p. OCDE.
- Odada, E. O., Oyebande, L., & Oguntola, J. A. (2006). Lake Chad. *Experience and Lessons Learned Brief. Lake Basin Management Initiative, International Lake Environment Committee. Shiga, Japan*.
- Ogutu-Ohwayo, R., & Balirwa, J. S. (2006). Management challenges of freshwater fisheries in Africa. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 11(4), 215-226. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2006.00312.x>.
- Olivry, J.-C., Chouret, A., Vuillaume, G., Lemoalle, J., & Bricquet, J.-P. (1996). *Hydrologie du lac Tchad* (Vol. 12). Orstom.
- OMM (Organisation météorologique mondiale). (2012). *Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé (M. Svoboda, M. Hayes et D. Wood) (OMM-N° 1090)*, Genève. 25 p.

- OIM (Organisation internationale pour les migrations). (2007). *Glossaire de la migration, série consacrée au droit international de la migration no.9*, 2007. Organisation internationale pour les migrations (OIM), Genève, Suisse. Available at: https://publications.iom.int/system/files/pdf/iml_9_fr.pdf.
- OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel). (2015). *Analyse des processus décisionnels et définition du rôle de la population au Mali. Tunis, Tunisie, 94 p.*
- OSS/MEA (Observatoire du Sahara et du Sahel/Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement. (2013). *Projet Amélioration de la résilience des populations sahéliennes aux mutations environnementales : inventaire pour identifier et collecter les données et les informations existantes au mali, 115 p.*
- OSS/Projet ILWAC. (2013). *Gestion intégrée de la terre et de l'eau pour l'adaptation à la variabilité et au changement climatique au Mali, guide méthodologique cartographie de la vulnérabilité face aux risques climatiques. 39 p.*
- Ostrovskaya, E., Douven, W., Schwartz, K., Pataki, B., Mukuyu, P., & Kaggwa, R. C. (2013). Capacity for sustainable management of wetlands: Lessons from the WETwin project. *Environmental science & policy, 34*, 128–137.
- Ouédraogo, M. M., Degré, A., & Debouche, C. (2014). Synthèse bibliographique : Le modèle numérique de terrain de haute résolution, ses erreurs et leur propagation. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 18*(3), 407-421.
- Ouranos. (2015). *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 3 : Vers la mise en oeuvre de l'adaptation. Édition 2015. Montréal, Québec : Ouranos. 49 p.*
- Ozer, A., & Ozer, P. (2005). Désertification au Sahel : Crise climatique ou anthropique ? *Bulletin des Séances de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer= Mededelingen der Zittingen van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen, 51*(4), 395–423.
- Ozer, P. (2004). Bois de feu et déboisement au Sahel : Mise au point. *Science et changements planétaires/Sécheresse, 15*(3), 243–251.
- Ozer, P., Hountondji, Y., Niang, A. J., Karimoune, S., Laminou Manzo, O., & Salmon, M. (2010). Désertification au Sahel : Historique et perspectives. *Bulletin de la Société Géographique de Liège, 54*, 69–84.
- Ozer, P., & Perrin, D. (2014). Eau et changement climatique. Tendances et perceptions en Afrique de l'Ouest. *Eau, milieux et aménagement. Une recherche au service des territoires, 227–245.*

- Pahl-Wostl, C. (2007). Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change. *Water resources management*, 21(1), 49–62.
- Palazzo, A., Vervoort, J. M., Mason-D’Croz, D., Rutting, L., Havlík, P., Islam, S., Bayala, J., Valin, H., Kadi Kadi, H. A., Thornton, P., & Zougmore, R. (2017). Linking regional stakeholder scenarios and shared socioeconomic pathways: Quantified West African food and climate futures in a global context. *Global Environmental Change*, 45, 227-242. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.12.002>.
- Palsky, G. (2010). Cartes participatives, cartes collaboratives. *La cartographie comme maïeutique-Le Comité Français de Cartographie (CFC), Paris*, 205, 49–59.
- Parks, J. (2011). Adaptive management in small-scale fisheries: A practical approach. *Small scale fisheries management: frameworks and approaches for the developing world. CAB International, Oxfordshire*, 93–114.
- Piveteau, J.-L. (1973). L’observation directe du paysage et sa place dans la problématique de la géographie urbaine. *L’Espace géographique*, 243–246.
- Pomel, S. (2008). *La mémoire des sols*. Presses Univ de Bordeaux, 343 p.
- PRM/MDRI (Présidence de la République du Mali/Mission de décentralisation et des Réformes institutionnelles. (s. d.). *Cartographie du Mali*.
- Prévost, P., & Roy, M. (2015). Les approches qualitatives en gestion. *Les Presses de l’Université de Montréal*, 256 p.
- Projet inventaire des ressources terrestres (p.i.r.t). (1986). *Zonage agro-écologique du mali, vol i. 151 p.* https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i11912_001.pdf, consulté le 20 decembre 2018.
- Raakjær, J., Manh Son, D., Stæhr, K.-J., Hovgård, H., Dieu Thuy, N. T., Ellegaard, K., Riget, F., Van Thi, D., & Giang Hai, P. (2007). Adaptive fisheries management in Vietnam. *Marine Policy*, 31(2), 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2006.05.013>.
- Ramsar Convention Secretariat. (2013). *The Ramsar Convention Manual: A guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), 6th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.* <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-e.pdf>, consulté le 21 juillet 2019.
- Rebelo, L.-M., McCartney, M. P., & Finlayson, C. M. (2010). Wetlands of Sub-Saharan Africa: Distribution and contribution of agriculture to livelihoods. *Wetlands Ecology and Management*, 18(5), 557–572.

- Reghezza, M. (2006). La vulnérabilité : Un concept problématique. *F. Léone et F. Vinet, La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques, Montpellier, PULM, coll. Géorisque, 1, 35–40.*
- Remini, W., & Remini, B. (2003). La sédimentation dans les barrages de l’Afrique du nord. *LARHYSS Journal*, ISSN 1112-3680, n° 02, pp. 45-54. Available at: <http://larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/viewFile/28/26>.
- République du Mali. (2005). *Rapport national sur l’application de la convention de ramsar sur les zones humides, soumis à la 9e Session de la Conférence des Parties contractantes (COP9), Ouganda, 15 p.*
- République du Mali. (2018). *Rapport national sur l’application de la convention de ramsar sur les zones humides, soumis à la 13e Session de la Conférence des Parties contractantes, Dubaï, Émirats arabes unis, 44 p.* https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/importftp/COP13NR_Mali_f.pdf, consulté le 21 juillet 2019.
- Rist, L., Felton, A., Samuelsson, L., Sandström, C., & Rosvall, O. (2013). A new paradigm for adaptive management. *Ecology and Society*, 18(4).
- Robertson, P. (s. d.). *Important Bird Areas in Africa and associated islands – Mali.* <http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AfricaCntryPDFs/Mali.pdf>, consulté le 22 août 2020.
- Roche, M. (1963). Hydrologie de surface. *Edition Gauthier-Villars et ORSTOM, Paris*, 431 p.
- Roose, E. (1984). Impact du défrichement sur la dégradation des sols tropicaux, *Machinisme Agricole Tropical*, 87, 24-36.
- Roose, E. (1985). Dégradation des terres et développement en Afrique de l’Ouest. *Bull Rech Agron Gembloux*, 20, 505–537.
- Salafsky, N., Margoluis, R., & Redford, K. (2001). Adaptive management. *A tool for conservation practitioners. (Washington DC: Biodiversity Support Programme).*
- Sallé, G., Boussim, J. I., Raynal-Roques, A., & Brunck, F. (1991). Le Karité : Une richesse potentielle. Perspectives de recherche pour améliorer sa production. *Bois et Forêts des Tropiques*. <https://agritrop.cirad.fr/403048/>.
- Sanon, A. (2014). *Impacts des cordons pierreux végétalisés sur la végétation et les propriétés physico-chimiques du sol, université polytechnique de Bobo-Dioulasso, [Mémoire].*
- Sarr, M. A. (2009). Cartographie des changements de l’occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat. *Cybergeo : European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.22707>.

- Sarr, M. G., Ndiaye, N. D., Ayessou, N. C., Faye, P. G., Cisse, M., Sakho, M., & Diop, C. M. (2018). *Saba senegalensis*: Key Features and Uses. *Food and Nutrition Sciences*, 09(09), 1099-1111. <https://doi.org/10.4236/fns.2018.99080>.
- Savadogo, M., Somda, J., & Seynou, O. (2011). *Catalogue des bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au BurkinaFaso, Ouagadougou, Burkina Faso : UICN Burkina Faso*. 52 p.
- Schoeman, J., Allan, C., & Finlayson, C. M. (2014). A new paradigm for water? A comparative review of integrated, adaptive and ecosystem-based water management in the Anthropocene. *International Journal of Water Resources Development*, 30(3), 377-390. <https://doi.org/10.1080/07900627.2014.907087>.
- Schuijt, K., & Fischer, G. (2002). *Land and Water Use of Wetlands in Africa: Economic Values of African Wetlands*. 46 p.
- Secrétariat de la Convention de Ramsar. (2006). *Le Manuel de la Convention de Ramsar Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971) 4e édition, Gland, Suisse, 121 p.* https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006f.pdf, consulté le 21 juillet 2019.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. (2009). *Liens entre la biodiversité, l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques, Montréal, Québec, Canada, 16 p.* [Www.cbd.int]. <https://www.cbd.int/doc/publications/ahteg-brochure-fr.pdf>, consulté le 21 juillet 2020.
- Servat, E., Paturel, J.-E., Kouame, B., Travaglio, M., Ouedraogo, M., Boyer, O., Lubes-Niel, H., Fritsch, J.-M., Masson, J.-M., & Marieu, B. (1998). *Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale. IAHS PUBLICATION, 323-338.*
- Silvius, M. J., Oneka, M., & Verhagen, A. (2000). Wetlands: Lifeline for people at the edge. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(7-8), 645-652. [https://doi.org/10.1016/S1464-1909\(00\)00079-4](https://doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00079-4).
- Simonet, G. (2009). Le concept d'adaptation : Polysémie interdisciplinaire et implication pour les changements climatiques. *Natures sciences sociétés*, 17(4), 392–401.
- Singh, O., Sarangi, A., & Sharma, M. C. (2008). Hypsometric integral estimation methods and its relevance on erosion status of north-western lesser Himalayan watersheds. *Water Resources Management*, 22(11), 1545–1560.
- Skinner, J., Beaumont, N., & Pirot, J.-Y. (1994). *Manuel de formation à la gestion des zones humides tropicales* (Vol. 272). UICN.

- Smit, B., Burton, I., Klein, R. J., & Wandel, J. (2000). An anatomy of adaptation to climate change and variability. In *Societal adaptation to climate variability and change* (p. 223–251). Springer, Dordrecht.
- Smit, B., & Pilifosova, O. (2003). Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. *Sustainable Development*, 8(9), 9.
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 282–292.
- Soha, S. A. S., Dougnon, T. J., Ouhoko, F. H. O., Kpodekon, M. T. T., & Youssao, A. K. I. (2019). Activités biologiques et utilisations de *Elaeis guineensis* (Jacq) et de *Khaya senegalensis* (Desr) en médecine traditionnelle humaine et vétérinaire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(1), 525-542. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.41>.
- Solanes, M., & Gonzalez-Villarreal, F. (1999). *The Dublin principles for water as reflected in a comparative assessment of institutional and legal arrangements for integrated water resources management*. Global Water Partnership.
- Stankey, G. H., Clark, R. N., & Bormann, B. T. (2005). *Adaptive management of natural resources: Theory, concepts, and management institutions*. (PNW-GTR-654). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-654>.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, UK.
- Stevenson, M. G. (2005). *Connaissances traditionnelles et gestion durable des forêts. Réseau de gestion durable des forêts, Edmonton, Alberta*. 18 p. 18.
- Stour, L., & Agoumi, A. (2008). Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies. *Hydroécologie Appliquée*, 16, 215-232.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913–920.
- Stucki, V. (2011). *In search of integration: Analyzing the gap between theory and practice of Integrated Water Resources Management with case studies from West Africa and international policy processes*.
- Sufo Kankeu, R., & Tiani, A. M. (2014). *Guide de cartographie participative géoréférencée pour la gestion communautaire du terroir*. Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/005242>.

- Termeer, C. J. A. M., Dewulf, A., & Biesbroek, G. R. (2017). Transformational change: Governance interventions for climate change adaptation from a continuous change perspective. *Journal of Environmental Planning and Management*, 60(4), 558-576. <https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1168288>.
- Thom, H. C. S., & Arléry, R. (1972). *Quelques méthodes de l'analyse climatologique*. Secrétariat de l'Organisation Météorologique Mondiale, Genève, Suisse, 75 p.
- Tiner, R. W. (2017). *Wetland indicators: A guide to wetland identification, delineation, classification, and mapping* (Second edition). Taylor & Francis.
- Toklo, P. M., Yayi-Ladekan, E., Sakirigui, A., Assogba, F. M., Alowanou, G. G., Ahomadegbe, M. A., Hounzangbé-Adoté, S., & Gbenou, J. D. (2020). Phytochemistry and pharmacological review of *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze (Rubiaceae). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2), 22–30.
- Touré, E. H. (2010). Réflexion épistémologique sur l'usage des focus groups : Fondements scientifiques et problèmes de scientificité. *Recherches qualitatives*, 29(1), 5–27.
- Touré, I., Ickowicz, A., Wane, A., Garba, I., Gerber, P., Atte, I., ... & Hamadoun, M. (2012). *Atlas des évolutions des systèmes pastoraux au Sahel. Système d'information sur le pastoralisme au Sahel— », Rome, FAO, CIRAD*.
- Traoré, K., Totin, E., Sogoba, B., Traoré, S., Pierre, C., & Zougmoré, R. B. (2016a). *Fonctionnement et organisation du cadre institutionnel du changement climatique au Mali. CCAFS Working Paper no. 166. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS)*. 52 p.
- Traoré, K., Totin, E., Zougmoré, R. B., Sogoba, B., Traoré, S., & Pierre, C. (2016b). *Analyse des discordances entre les niveaux national et local par rapport à la gestion du changement climatique au Mali*. 26 p.
- Turner, R. K., van den Bergh, J. C. J. M., Söderqvist, T., Barendregt, A., van der Straaten, J., Maltby, E., & van Ierland, E. C. (2000). Ecological-economic analysis of wetlands: Scientific integration for management and policy. *Ecological Economics*, 35(1), 7-23. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00164-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00164-6).
- UNCCD. (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa (final text of the Convention)*. UN/GA, 58 p.
- UNEP. (2006). *Africa's Lakes: Atlas of Our Changing Environment*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme (UNEP), Division of Early Warning and Assessment (DEWA), Nairobi, Kenya.

- UNFPA. (2016). *Profil démographique de l'Afrique, Commission économique pour l'Afrique, Addis-Abeba, Éthiopie, 78 p.*
- United nations. (1992). *United nations Framework convention on climate change.* <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, consulté le 22 juin 2017.
- Usher, P. J. (2000). Traditional ecological knowledge in environmental assessment and management. *Arctic*, 53(2), 183–193.
- van Koppen, B., Tarimo, A., Manzungu, E., van Eeden, A., & Sumuni, P. (2016). Winners and Losers of IWRM in Tanzania. *Water Alternatives*, 9(3), 588-607.
- Varley, N., & Boyce, M. S. (2006). Adaptive management for reintroductions: Updating a wolf recovery model for Yellowstone National Park. *Ecological Modelling*, 193(3-4), 315-339. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.09.001>.
- Vlaar, J. C. J. (1992). *Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du Sahel. Rapport d'une étude effectuée dans le cadre de la collaboration entre le Comité Interafricain d'Études Hydrauliques (C1EH), Ouagadougou Burkina Faso, et l'Université Agronomique Wageningen (UAW), Wageningen, les Pays-Bas.*
- Wade, D. C. T., Toure, D. O., & Diop, D. M. (2015). *Gestion des risques climatiques, PRESA (Promouvoir la Résilience des Économies en Zones Semi-Arides), IED Afrique (Innovation, Environnement, Développement en Afrique), Dakar, Sénégal, 96 p.*
- Wahlström, M. (2009). *Réduction des risques de catastrophe, gestion des risques climatiques et développement durable, Bulletin de l'OMM 58 (3), 165-174.*
- Walker, W., HARREMO, P., VAN DER SLUIJS, J., VAN ASSELT, M., JANSSEN, P., & VON KRAUSS, M. K. (2003). *Defining uncertainty: A conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. Integrated assessment.* 4(1), 5-17.
- Walters, C. J. (1986). *Adaptive management of renewable resources.* Macmillan Publishers Ltd.
- Walters, C. J. (2007). Is Adaptive Management Helping to Solve Fisheries Problems? *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(4), 304-307.
- Walters, C. J., & Holling, C. S. (1990). Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology*, 71(6), 2060–2068.
- Westgate, M. J., Likens, G. E., & Lindenmayer, D. B. (2013). Adaptive management of biological systems: A review. *Biological Conservation*, 158, 128-139.

- Wiersum, K. F. (1986). *Ecological Aspects of Agroforestry: With Special Emphasis on Tree-soil Interactions: Lecture Notes*. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. 73 p.
- Williams, B. K. (2011a). Adaptive management of natural resources—Framework and issues. *Journal of environmental management*, 92(5), 1346–1353.
- Williams, B. K. (2011b). Passive and active adaptive management: Approaches and an example. *Journal of Environmental Management*, 92(5), 1371-1378. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.039>.
- Williams, B. K., & Johnson, F. A. (1995). Adaptive management and the regulation of waterfowl harvests. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 23(3), 430–436.
- Williams, B. K., Johnson, F. A., & Wilkins, K. (1996). Uncertainty and the Adaptive Management of Waterfowl Harvests. *The Journal of Wildlife Management*, 60(2), 223-232. <https://doi.org/10.2307/3802220>.
- Wilson, D. C., Ahmed, M., Siar, S. V., & Kanagaratnam, U. (2006). Cross-scale linkages and adaptive management: Fisheries co-management in Asia. *Marine Policy*, 30(5), 523-533. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2005.07.001>.
- Winterhalder, B. (1980). Environmental analysis in human evolution and adaptation research. *Human Ecology*, 8(2), 135–170.
- Wood, A., Dixon, A., & McCartney, M. (2013). *Wetland management and sustainable livelihoods in Africa*. Routledge.
- Wood, A. P. (2013). *People-centred wetland management*. In: *Wetland Management and Sustainable Livelihoods in Africa*. Taylor & Francis, pp.1-42.
- Wood, A. P., Abbot, P. G., Afework Hailu and Dixon, A. B. (2001). *Sustainable management of wetlands: Local knowledge versus government policy' in Gawler, M. (ed.) 2002.Strategies for Wise Use of Wetlands: Best Practices in Participatory Management. Proceedings of a Workshop held at the 2nd International Conference on Wetlands and Development (November 1998, Dakar, Senegal)*. Wetlands International IUCN, WWF Publication No. 56, Wageningen, The Netherlands.
- World Agroforestry Center (WAC). (2020). *Pterocarpus santalinoides*. <http://apps.worldagroforestry.org/treedb2/speciesprofile.php?Spid=17998>, consulté le 2020-07-29.
- World Bank Group. (2019). *Climate Change Knowledge Portal for Development practitioners and policy makers*. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>, consulté le 10-12-2019.

Young, A. (1989). *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, Wallingford, UK, 276 pp.

Zare, A. (2015). *Variabilité climatique et gestion des ressources naturelles dans une zone humide tropicale : Une approche intégrée appliquée au cas du delta intérieur du fleuve Niger (Mali)* [PhD Thesis]. Université de Montpellier ; institut international de l'eau et de l'environnement.

Zougmoré, R., & Zida, Z. (2000). *Lutte antiérosive et amélioration de la productivité du sol par l'aménagement de cordons pierreux*, INERA SARIA, Koudougou, Burkina Faso. 2 p.

Sites consultés

Benjamin Festus. (2016). *Ficus glumosa*, Kirstenbosch National Botanical Garden, <http://pza.sanbi.org/ficus-glumosa>, consulté le 03-08-2020

Daniel-le-Dantec. (2013). *Cigogne d'Abdim- Ciconia abdimii- Abdim's Stork*, page consultée le 19-08-2020 à partir de <https://www.oiseaux.net/oiseaux/cigogne.d.abdim.htm>

Didier Collin .(2009). *Ardea purpurea - Purple Heron*, page consultée le 10-08-2020 à partir de <https://www.oiseaux.net/oiseaux/heron.pourpre.html>

Ecofund. (2017). *Badamier—Terminalia macroptera*, page consultée le 19-08-2020 à partir de <https://www.ecofund.org/fr/news/badamier-terminalia-macroptera.htm>

François J. (2019). *Héron cendré (Ardea cinerea - Grey Heron)*. Page consultée le 23-07-2020 à partir de <https://www.oiseaux.net/oiseaux/heron.cendre.html>

Héron pourpré. (2020). *Wikipédia, l'encyclopédie libre*. Page consultée le 7 août 2020 à partir de https://fr.wikipedia.org/wiki/Héron_pourpré

Lafermedeleo. (2020). *Saba senegalensis-maad*, consulté le 23-07-2020 à partir de <http://www.lafermedeleo.eu/nos-futurs-fruitiers-saba-senegalensis-maad.html>

Lanea microcarpa (PROTA). (2015). *PlantUse English*, from [https://uses.plantnet-project.org/e/index.php?title=Lanea_microcarpa_\(PROTA\)&oldid=198788](https://uses.plantnet-project.org/e/index.php?title=Lanea_microcarpa_(PROTA)&oldid=198788). Consulté le 15 Octobre 2020

Marco Schmidt. (2007). *Mitragyna inermis, inflorescence and leaves, SE Burkina Faso*, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mitragyna_inermis_MS_6290.jpg?uselang=fr, consulté le 23-07-2020

Marco Schmidt. (2010). *Isoberlinia doka*, near Folonzo, SW Burkina Faso, consulté le 23-07-2020 à partir de https://en.wikipedia.org/wiki/File:Isoberlinia_doka_MS_4428.jpg,

Nurserylive. (2020). *Khaya Senegalensis* - Plant, page consultée à partir de <https://nurserylive.com/en/plants/plants-by-type/avenue-trees/khaya-senegalensis-plants-in-india>

Philippe Birnbaum. (2003). *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr, http://www.centralafricanplants.senckenberg.de/root/index.php?page_id=34&id=135#image=11770, consulté le 21-08-2020

PROTABASE, the information base of PROTA (Plant Resources of Tropical Africa) (on-line resource). (PROTA4U), <https://www.prota4u.org/database/searchresults.asp>, consulté le 03-08-2020

Python de Seba. (2020). Wikipédia, l'encyclopédie libre. Page consultée le 10-07-2020 à partir de https://fr.wikipedia.org/wiki/Python_de_Seba

Varan des savanes. (2019). Wikipédia, l'encyclopédie libre. Page consultée le 11-08-2020 à partir de https://fr.wikipedia.org/wiki/Varan_des_savanes

Wikipédia. (2020). *Terminalia macroptera*. In Wikipédia, page consultée le 11-08-2020 à partir de https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Terminalia_macroptera&oldid=172304098

World Agroforestry Center (WAC). (2020). *Pterocarpus santalinoides*, page consultée à partir de <http://apps.worldagroforestry.org/treedb2/speciesprofile.php?Spid=17998>.

Wikipedia contributors. (2020). *Breonadia*. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 23-07-2020, from <https://en.wikipedia.org/wiki/Breonadia>

Wikipedia contributors. *Vitellaria*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Available at: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Vitellaria&oldid=980340006>. Accessed October 15, 2020.

Annexes

Annexe 1. Questionnaire destiné aux chefs de ménage de Wégna et de Kononi-Sirakoro

Taille de l'échantillon : 100

1. Identification

Date :

Nom du village :

Nom et prénom :

H F

Âge :

Profession :

Niveau d'instruction : Illettré Alphabétisé Primaire Secondaire et +

2. Analyse de la situation du lac Wégna

2.1. Utilisation du lac Wégna

2.1.1. Utilisez-vous ou avez-vous déjà utilisé les ressources du lac Wégna ?

Oui

Non

Si oui, pour quelle activité ou quel besoin ?

Agriculture

Élevage

Pêche

Autres activités ou besoin (à préciser)

2.1.2. Éprouvez-vous des difficultés dans l'utilisation des ressources du lac Wégna ?

Oui

Non

Si oui, lesquelles ?

2.1.3. Avez-vous été impliqué ou témoin de conflits liés à l'usage de ce lac ?

Oui

Non

a- Si oui, comment se sont-ils manifestés ?

b- Comment ont-ils été solutionnés ?

2.2. Interactions Homme-milieu : vulnérabilité des populations riveraines face à la dégradation du lac Wégna

2.2.1. Selon vous, le lac Wégna a-t-il subi des modifications au fil du temps ?

Oui

Non

Si oui, lesquelles ?

2.2.3. Quels sont les facteurs qui ont contribué à sa dégradation ?

Sécheresse Coupe de bois Agrandissement des champs

Piétinement des animaux Autres (à préciser)

2.2.4. Cette dégradation vous a-t-elle affecté ?

Oui

Non

Si oui, de quelle façon ?

2.2.5. Les activités, que vous pratiquez actuellement, ont-elles une influence sur le lac ?

Oui

Non

Si oui, laquelle ?

2.2.6. Quel est l'impact du lac Wégna sur vos conditions d'existence ?

Impact très négatif Négatif Aucun impact Impact positif

Impact très positif

Expliquez les raisons de votre choix.

3. État et évolution des ressources naturelles

3.1. Les ressources fauniques

3.1.1. De nos jours, quelles sont les espèces d'oiseau présentes sur le lac ?

3.1.2. En connaissez-vous quelques-unes qui ont disparu ?

Oui

Non

a- Si oui, lesquels ?

b- Quelles sont les raisons de leur disparition ?

3.1.3. Quels sont les animaux sauvages qui fréquentent le lac Wégna, actuellement ?

3.1.4. En connaissez-vous certains qui l'ont déserté ?

Oui

Non

a- Si oui, lesquels ?

b- Quelles sont les raisons de leur désertion ?

3.1.5. Pensez-vous qu'il y a suffisamment de poissons dans le lac encore ?

Oui

Un peu

Non

a- Sinon, quelles sont les raisons de leur diminution ?

b- Quelles sont les espèces généralement capturées ?

3.1.6. Que peut-on faire pour que le lac redevienne poissonneux ?

3.2. Les ressources végétales

3.2.1. Quelles sont les espèces végétales les plus abondantes autour du lac ?

3.2.2. Quelles sont celles qui sont en voie de disparition ou qui se raréfient ?

3.2.3. La forêt-galerie, en bordure du lac Wégna, est-elle menacée, aujourd'hui ?

Oui.

Non

a- Si oui, veuillez spécifier le type de menace auquel elle fait l'objet.

b- Quelle mesure collective est-il possible d'envisager pour préserver cet écosystème ?

4. Les solutions éventuelles pour réduire la dégradation du lac Wégna et sa protection durable dans un contexte de CC

Pourriez-vous proposer quelques actions ou mesures concrètes que les riverains pourront mettre en œuvre eux-mêmes, sans intervention extérieure aucune, afin de lutter contre la dégradation du lac Wégna et le protéger durablement ?

5. Variabilité et changements climatiques

5.1. Que pensez-vous du phénomène des changements climatiques (Waati yèlèma) ?

5.2. Avez-vous été affecté, ces 10 dernières années, par des événements climatiques difficiles ?

Sécheresse

Inondation

Vents violents

Forte chaleur

Installation tardive de l'hivernage

- Arrêt précoce des pluies
- Autres (à préciser)

5.3. Suite à ces événements, qu'avez-vous fait pour résister et repartir ?

- Petit commerce
- Vente du bétail
- exode rural
- exploitation forestière
- Cultures maraîchères
- Pêche
- Chasse
- Autres (à préciser)

5.4. Quel a été l'apport du lac Wégnya en ces moment-là ?

5.5. Recevez-vous des informations météorologiques ?

- Oui
- Non

Si oui, comment ? Et quel genre d'information ?

5.6. Sur la base de ce que vous avez remarqué sur le climat, à quoi peut-on s'attendre dans le futur ?

- a. Augmentation des phénomènes climatiques cités ci-dessus
- b. Diminution des phénomènes climatiques cités ci-dessus
- c. Ne sais pas

5.7. Quelles sont les mesures préventives dont on peut se prémunir pour résister contre ces événements climatiques futurs ?

Annexe 2. Entretiens de groupe : cartographie participative, *focus group*

Nom du village :

Nombre de participants :

Noms et prénoms des facilitateurs :

Date :

A. La dégradation du lac Wégna dans son environnement global : causes, conséquences et stratégies d'adaptation

Objectif : Analyser la situation du bassin du lac Wégna pour identifier les principales menaces en s'appuyant sur l'évolution de l'état des ressources naturelles au fil du temps.

Méthode : cartographie participative

Participants : choisis selon des critères basés sur l'importance du rôle qu'ils jouent dans la communauté

Déroulement

Étape 1 : établir la carte de l'état des ressources villageoises à différentes périodes

Introduction

Dans les instants qui suivent, nous vous demanderons de réfléchir ensemble, en puisant parfois dans votre mémoire collective si nécessaire, pour cartographier l'évolution au fil du temps des principales ressources naturelles de votre village en partant de la situation actuelle.

Consignes

1. Situer sur le papier padex, qui est affiché devant, votre village (les habitations)
2. Tracer les routes ;
3. Votre terroir est doté de ressources naturelles à partir desquelles vous tirez votre subsistance.
 - 3.1. Veuillez les énumérer.
 - 3.2. Veuillez les localiser sur la carte (*insister sur le lac Wégna*)
 - 3.3. Veuillez localiser les terres emblavées

Questions

1. Qu'est-ce qui caractérise vos ressources aujourd'hui ?
2. Selon vous, qu'est-ce qui a entraîné cette situation ?
3. De nouvelles terres cultivables non défrichées sont-elles encore disponibles ?
4. Si nous prenons spécifiquement le lac Wégna, quelles sont les menaces directes qui pèsent sur lui ? Et les menaces indirectes ?
5. Si on remonte dans le temps de 30 ans (vers 1988 ; soit 3 ans avant la chute du président Moussa Traoré), quel était l'état de vos ressources naturelles en général et le lac Wégna en particulier ? Par exemple les limites de la surface en eau du lac, l'état de la végétation bordant le lac...
6. Quel souvenir gardez-vous de vos ressources naturelles, dans les années 1970, un peu après le renversement du 1^{er} président du Mali indépendant, Modibo Keita ?
7. Remontons encore un peu loin dans le temps, vers l'indépendance du Mali (il y a environ 60 ans) quelle était la situation de vos ressources naturelles ?
8. Enfin, quelle était leur situation à l'installation de votre village ?

Tableau 1 : le profil historique

Ressources	Situation actuelle (Période 1)	Causes Naturelles	Causes humaines

9. Nous venons de voir l'évolution de vos ressources naturelles à différentes périodes, selon vous, quelles sont les actions spécifiques que vous, populations riveraines du lac Wégna, pouvez envisager pour diminuer les menaces qui pèsent spécifiquement sur le lac Wégna afin d'assurer sa pérennité et le rendre plus productif ?

Étapes 2. Identifier les manifestations des changements climatiques, leurs causes, leurs conséquences et les stratégies locales d'adaptation

Questions

1. Rappeler la situation actuelle des ressources
2. Quelles en sont les causes et les conséquences ?
3. Quelles sont les options d'adaptation mises en place ?

Tableau 2 : Les manifestations des changements climatiques, leurs causes, leurs conséquences et stratégies locales d'adaptation

Situation actuelle des ressources	Causes	Conséquences	Stratégies d'adaptation

B. Vulnérabilité des populations riveraines du lac Wégna face aux effets des changements climatiques

Objectif : Analyser la vulnérabilité des populations riveraines du lac Wégna ; identifier les stratégies d'adaptation déjà existantes face aux menaces.

Méthode : *focus group*.

Le *focus group* permet de cerner la diversité, la variabilité des réponses sur l'exposition aux risques et aux menaces sur les moyens d'existence.

Participants : 4 groupes spécifiques de 4 à 12 personnes [deux groupes de femmes (soit un groupe de jeunes et un groupe d'adultes) et deux groupes d'hommes (soit un groupe de jeunes et un groupe d'adultes)].

Déroulement

Étape 1 : Élaborer la matrice de vulnérabilité des moyens de subsistance face aux menaces (insister sur ceux liés au lac Wégna)

Questions

1. Quels sont vos moyens de subsistance ?
2. Quelles sont les principales menaces face à chaque moyen de subsistance ?

3. Indiquer le degré de sévérité de chaque menace :

0 = non sévère ; 1 = sévérité faible ; 2 = sévérité moyenne ; 3 = sévérité forte

Ou

● = non sévère ● = sévérité faible ● = sévérité moyenne ● = sévérité forte

Tableau 1 : Matrice de vulnérabilité des moyens de subsistance aux menaces

Moyens de subsistance	Menaces			

Étapes 2 : Élaborer la matrice des stratégies locales d’adaptation des moyens de subsistance face aux principales menaces

1. Rappeler les moyens de subsistance
2. Citer les menaces dont la sévérité est 2 ou 3
3. Quelles sont les stratégies locales d’adaptation par rapport à ces menaces sévères

Tableau 2 : Matrice des stratégies locales d’adaptation des moyens de subsistance face aux menaces

Moyens de subsistance	Menaces	Stratégies d’adaptation

4. Face aux différentes menaces identifiées et compte tenu de vos savoirs traditionnels, quelles sont, selon vous, les stratégies (anciennes ou nouvelles) qu’on peut mettre en œuvre pour une adaptation durable aux changements climatiques ? (*Insister sur les stratégies ou les mesures en lien avec le lac Wégnia*)

Annexe 3. Guide d'entretien réalisé à l'intention des ONG intervenant dans la gestion des ressources naturelles dans le cercle de Kolokani

Nom de la localité :

Nom de l'ONG :

Nom du chef ou du représentant de l'ONG :

Fonction :

Date :

Questions (entretien semi-dirigé)

Dans quel cadre intervenez-vous dans le cercle de Kolokani ? Quels sont vos objectifs ?

Avez-vous entendu parler du lac Wégna ? Si oui, que pensez-vous de ses potentialités ?

De nos jours et selon plusieurs sources, ce lac n'est plus productif comme avant, quelles sont les raisons de cette baisse de productivité ?

Quelles stratégies peut-on mettre en place pour la gestion durable de ce lac ? Quelles peuvent être les approches appropriées ?

Existe-t-il un volet de votre organisation pouvant soutenir les efforts de gestion de ce lac ? Sinon, connaissez-vous d'autres ONG qui puissent appuyer les populations locales à gérer durablement ledit lac ? Lesquelles ?

Quel est votre point de vue sur le phénomène des changements climatiques dans la région de Koulikoro et plus précisément dans le cercle de Kolokani ?

À votre avis, les changements climatiques peuvent-ils avoir des impacts assez significatifs sur une zone humide comme le lac Wégna ? Sa dégradation actuelle est-elle une conséquence des changements climatiques ?

Annexe 4. Guide d'entretien avec les chefs des services de l'agriculture, de l'élevage et des eaux et forêts

Nom de la structure :

Nom et prénom du chef de la structure :

Date :

Questions

Pourriez-vous me parler de votre travail ? (Les missions dont vous avez la charge)

Aujourd'hui, quel est l'état général des zones humides au Mali ?

Combien de zones humides peut-on dénombrer dans le cercle de Kolokani ?

Le lac Wégna semble être le plus important. Quelles sont les menaces qui pèsent sur lui, aujourd'hui ?

Les populations riveraines ont-elles une quelconque responsabilité dans sa dégradation ?

Que faut-il faire pour le restaurer et le gérer durablement au profit des riverains ?

Quelle stratégie peut-on mettre en place pour une pleine participation des populations riveraines pour sa gestion durable ?

Connaissez-vous des projets antérieurs au nôtre ? Ont-ils eu du succès ? Non, oui, pourquoi ?

La loi n° 10- 028 du 12 juillet 2010 déterminant les principes de gestion des ressources du domaine forestier national permet-elle de bien protéger les zones humides au Mali comme le lac Wégna ? Si oui, comment ? Sinon quelles sont ses imperfections ?

Quel est votre point de vue sur le phénomène des changements climatiques au Mali et plus précisément dans la Région de Koulikoro ?

Est-ce que dans vos programmes, vos actions, vous en tenez compte ? Sous quels aspects les abordez-vous ?

Selon vous, comment peut-on reconnaître l'impact des changements climatiques sur les zones humides ?

Annexe 5. Guide d'entretien avec les autorités municipales de Guihoyo

A. Utilisation des ressources du lac Wégnia

1. Le lac Wégnia est situé dans les limites de votre commune, pourriez-vous me parler de ses potentialités ? A-t-il fait l'objet d'aménagement ?
2. Quelles sont les conditions d'accès au lac ?
3. Avez-vous eu connaissance de conflits d'utilisation du lac ? Si oui, comment se sont-ils manifestés et comment ont-ils été solutionnés ?
4. Les conflits sont-ils nombreux actuellement ? Si oui, quelles en sont les causes ?

B. Évolution et gestion du lac Wégnia

5. Selon vous, le lac a-t-il subi des modifications au fil du temps ? Si oui, lesquelles ? Quelles en sont les causes ?
6. Dans votre planification communale, comment abordez-vous la gestion du lac Wégnia ?
7. Des partenaires s'intéressent-ils au lac Wégnia ? Si oui lesquels ?

C. Prise en compte des changements climatiques dans les plans de développement communaux

8. Quels sont les risques climatiques connus dans votre commune ?
9. Quels sont les secteurs économiques les plus vulnérables aux changements climatiques dans votre commune ?
10. Quels sont les groupes socio-professionnels les plus vulnérables aux changements climatiques au sein de votre commune ?
11. Le plan de développement économique et social de votre commune prend-il en compte les changements climatiques ? Si oui, pouvez-vous m'expliquer comment vous les avez intégrés et quels sont les axes prioritaires ?
12. Quels sont vos besoins en termes de capacités et de ressources pour l'adaptation aux changements climatiques ?

Annexe 6. Les feuillets d'information pour le consentement

1. Feuillelet d'information pour un consentement verbal

(Entrevues de groupe : cartographie participative et focus group)

Gestion adaptative des zones humides : une alternative de réduction de la vulnérabilité des populations riveraines face aux effets des changements climatiques

Exemple du lac Wégניה dans la région de Koulikoro, au Mali

**Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université Laval :
N° d'approbation 2017-354 / 01-02-2018**

Avant de vous demander si vous consentez à participer à ce projet de recherche, je vais vous présenter des renseignements sur la recherche et sur ce qui est attendu de votre participation. Je vous invite à me poser toutes les questions que vous jugerez utiles pour bien comprendre ces renseignements.

1. Présentation du chercheur

Cette recherche est réalisée dans le cadre du projet de doctorat de M. Modibo MAGASSA, dirigé par Madame Nathalie Barrette, professeure au département de géographie à l'Université Laval. Elle a été approuvée par le Comité d'éthique de l'Université Laval.

2. Nature et objectifs du projet

L'objectif de cette étude est de contribuer, dans un contexte de variabilité et de changements climatiques, à une meilleure gestion du lac Wégניה afin d'assurer aux populations riveraines un développement durable.

Spécifiquement, il s'agira de :

- ✓ Analyser la situation du bassin du lac Weinan pour identifier les principales menaces et en concevoir un modèle conceptuel ;
- ✓ Étudier les stratégies d'adaptation déjà existantes ;
- ✓ Élaborer un plan d'action amélioré pour réduire les menaces identifiées ;
- ✓ Élaborer un plan de surveillance des actions afin de tester nos hypothèses ;
- ✓ Mettre en œuvre les plans d'actions et de surveillance ;
- ✓ Utiliser les résultats pour ajuster nos plans en fonction de ce qui est appris.

3. Déroulement du projet

Votre participation à cette recherche consiste à échanger entre vous autour de certaines questions que nous allons vous soumettre. Mais rassurez-vous, il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Le but est de dire ce que vous pensez, de façon libre et sans aucune pression. Ces questions porteront sur les éléments suivants :

- Vulnérabilité des populations riveraines du lac Wégna
- Causes et conséquences de la dégradation du lac Wégna ;
- Identification des manifestations des changements climatiques : causes, effets, conséquences et stratégies locales d'adaptation.

À la suite de nos entretiens, une assemblée générale sera tenue dans le village. Au cours de cette assemblée, nous restituerons à la population villageoise les résultats de nos travaux. Cette restitution permettra d'informer les populations sur les toutes les informations relatives aux changements climatiques, à la dégradation du lac Wégna, à la vulnérabilité et aux stratégies d'adaptation. Aussi, une liste des meilleures options d'adaptation, susceptibles d'être mises en œuvre, sera proposée à l'assemblée pour amendement et adoption.

4. Avantages et inconvénients possibles liés à la participation

Avantages : en participant à cette recherche, vous contribuez à faire avancer les idées sur la gestion du lac Wégna et surtout à faire connaître votre point de vue.

Inconvénients : il se peut qu'on touche à des sujets tabous. Ainsi, si certaines questions vous mettent mal à l'aise, refusez d'y répondre sans avoir à vous justifier.

5. Participation volontaire et droit de retrait

Vous êtes libres de participer à ce projet de recherche et de vous retirer en tout temps sans conséquence négative et sans avoir à justifier votre décision. Si vous mettez fin à votre participation, le matériel et les données que vous aurez fournies seront détruits, à moins que vous ne nous autorisiez à les utiliser pour la recherche, malgré votre retrait.

6. Confidentialité

Puisqu'en recherche, les chercheurs sont tenus de protéger la vie privée des participants, voici les mesures qui seront appliquées pour assurer la confidentialité du matériel et des données :

Durant la recherche :

- Votre nom sera remplacé par un code ;
- Nous n'utiliserons que vos prénoms, mais ceux-ci seront remplacés par des noms fictifs lorsque nous rédigerons le compte rendu, soyez assuré que votre anonymat est préservé.
- Je serai le seul à pouvoir consulter la liste contenant les noms et les codes ;

- Tout le matériel de la recherche incluant les formulaires de consentement, les questionnaires, les *enregistrements*... sera conservé dans une armoire barrée, dans un local sous clé ;
- Les données en format numérique seront conservées dans des fichiers cryptés protégés par l'utilisation d'un mot de passe ;

Lors de la diffusion des résultats :

- Les noms des participants ne paraîtront dans aucun rapport ni dans aucun texte publié ;
- Les résultats de la recherche seront présentés sous forme globale et les résultats individuels des participants ne seront jamais communiqués ;

Après la fin de la recherche :

- Tout le matériel et toutes les données seront détruits, au plus tard en août 2020.

Veillez noter que la confidentialité des données recueillies dans l'entrevue de groupe dépend également de la collaboration de tous les participants. C'est pourquoi nous vous demandons de respecter la confidentialité des informations qui seront partagées.

NB : Nous vous informons, cependant, que nous avons l'intention de prendre quelques photos si vous êtes consentants. Une ou deux de vos photos pourraient être mises en annexe de notre document de thèse, pour des besoins d'illustration. Ces photos apparaîtront en l'état et vous pourrez être reconnus. Donc, si vous êtes d'accord, nous allons prendre des photos ; mais dans le cas contraire, aucune photo ne sera prise. Rien ne vous sera imposé, tout sera fait dans le consensus et avec votre autorisation.

7. Attestation verbale du consentement

Avez-vous bien compris le projet et les implications de votre participation ?

Acceptez-vous de confirmer, sur cet enregistrement audio, que vous consentez à y participer ?

Acceptez-vous que cette entrevue soit enregistrée également ?

Acceptez-vous qu'on prenne quelques photos ?

8. Remerciements

Je vous remercie pour le temps et l'attention que vous acceptez de consacrer à votre participation.

9. Renseignements supplémentaires

Pour vous permettre de communiquer avec moi ou avec ma directrice de recherche, si vous le jugez nécessaire, ou pour vous retirer du projet, je vous remettrai une copie du document que je suis en train de vous présenter et qui contient mes coordonnées et celles de ma directrice.

Modibo MAGASSA

Nathalie Barrette

*Doctorant en Sciences géographiques
Université Laval, Québec, Canada G1V0A7
N° de tél. au Canada : (418) 656 7777 14353
N° de tél. au Mali : (223) 66 98 25 64
Courriel : modibo.magassa.1@ulaval.ca*

*Professeure titulaire, département de géographie
Faculté de foresterie, de géographie et de
géomatique, Université Laval Québec, Pavillon
Abitibi-Price, local 3111, Canada G1V 0A6
Téléphone : (418) 656-2131, poste 5758
Télécopieur : (418) 656-3960
Courriel : nathalie.barrette@ggr.ulaval.ca*

2. Feuille d'information pour un consentement verbal *(Entrevue individuelle)*

Titre de l'étude :

**Gestion adaptative des zones humides : une alternative de réduction de la
vulnérabilité des populations riveraines face aux effets des changements
climatiques**

Exemple du lac Wégénia dans la région de Koulikoro, au Mali

**Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université Laval :
N° d'approbation 2017-354 / 01-02-2018**

Avant de vous demander si vous consentez à participer à ce projet de recherche, je vais vous présenter des renseignements sur la recherche et sur ce qui est attendu de votre participation. Je vous invite à me poser toutes les questions que vous jugerez utiles pour bien comprendre ces renseignements.

1. Présentation du chercheur

Cette recherche est réalisée dans le cadre du projet de doctorat de M. Modibo MAGASSA, dirigé par Madame Nathalie Barrette, professeure au département de géographie à l'Université Laval. Elle a été approuvée par le Comité d'éthique de l'Université Laval.

2. Nature et objectifs du projet

L'objectif de cette étude est de contribuer, dans un contexte de variabilité et de changements climatiques, à une meilleure gestion du lac Wégénan afin d'assurer aux populations riveraines un développement durable.

3. Déroulement du projet

Votre participation à cette recherche consiste à répondre à des questions qui vous seront posées dans le cadre d'une entrevue individuelle, d'une durée qui ne dépassera pas une heure et trente minutes, et qui porteront sur les éléments suivants :

- *Effets de vos activités sur le lac Wégna ;*
- *Propositions de solutions pour une gestion durable de ce lac, dans un contexte de changements climatiques, compte tenu de votre savoir écologique.*

4. Avantages et inconvénients possibles liés à la participation

Avantages : en participant à cette recherche, vous contribuez à faire avancer les idées sur la gestion du Lac Wégna et surtout à faire connaître votre point de vue.

Inconvénients : il se peut qu'on touche à des sujets tabous. Ainsi, si certaines questions vous mettent mal à l'aise, refusez d'y répondre sans avoir à vous justifier.

5. Participation volontaire et droit de retrait

Vous êtes libres de participer à ce projet de recherche et de vous retirer en tout temps sans conséquence négative et sans avoir à justifier votre décision. Si vous mettez fin à votre participation, le matériel et les données que vous aurez fournies seront détruits, à moins que vous ne m'autorisiez à les utiliser pour la recherche, malgré votre retrait.

6. Confidentialité

Puisqu'en recherche, les chercheurs sont tenus protéger la vie privée des participants, voici les mesures qui seront appliquées pour assurer la confidentialité du matériel et des données :

Durant la recherche :

- Votre nom sera remplacé par un code ;
- Je serai le seul à pouvoir consulter la liste contenant les noms et les codes ;
- Tout le matériel de la recherche incluant les formulaires de consentement, les questionnaires, les *enregistrements*... sera conservé dans une armoire barrée, dans un local sous clé ;
- Les bandes d'enregistrement ne seront écoutées par personne d'autre et seront effacées au plus tard en août 2020.
- Les données en format numérique seront conservées dans des fichiers cryptés protégés par l'utilisation d'un mot de passe ;

Lors de la diffusion des résultats :

- Les noms des participants ne paraîtront dans aucun rapport ni dans aucun texte publié ;
- Les résultats de la recherche seront présentés sous forme globale et les résultats individuels des participants ne seront jamais communiqués ;

Après la fin de la recherche :

- Tout le matériel et toutes les données seront détruits, au plus tard en août 2020.

7. Attestation verbale du consentement

Avez-vous bien compris le projet et les implications de votre participation ?

Acceptez-vous de confirmer, sur cet enregistrement audio, que vous consentez à y participer ?

Acceptez-vous que cette entrevue soit enregistrée également ?

8. Remerciements

Je vous remercie pour le temps et l'attention que vous acceptez de consacrer à votre participation.

9. Renseignements supplémentaires

Pour vous permettre de communiquer avec moi ou avec ma directrice de recherche, si vous le jugez nécessaire, ou pour vous retirer du projet, je vous remettrai une copie du document que je suis en train de vous présenter et qui contient mes coordonnées et celles de ma directrice.

Modibo MAGASSA

*Doctorant en Sciences géographiques
Université Laval, Québec, Canada G1V0A7
N° de tél. au Canada : (418) 656 7777 14353
N° de tél. au Mali : (223) 66 98 25 64
Courriel : modibo.magassa.1@ulaval.ca*

Nathalie Barrette

*Professeure titulaire, département de géographie
Faculté de foresterie, de géographie et de
géomatique, Université Laval Québec, Pavillon
Abitibi-Price, local 3111, Canada G1V 0A6
Téléphone : (418) 656-2131, poste 5758
Télécopieur : (418) 656-3960
Courriel : nathalie.barrette@ggr.ulaval.ca*

Annexe 7. FORMULAIRE D'ENGAGEMENT À LA CONFIDENTIALITÉ

Titre de l'étude :

**Gestion adaptative des zones humides : une alternative de réduction de la
vulnérabilité des populations riveraines face aux effets des changements
climatiques**

Exemple du lac Wégניה dans la région de Koulikoro, au Mali

**Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université Laval :
N° d'approbation 2017-354 / 01-02-2018**

La présente recherche est réalisée dans le cadre du projet de doctorat de M. Modibo MAGASSA, dirigé par Madame Nathalie Barrette, professeure à la faculté de foresterie, de géographie et de géomatique (département de géographie) de l'Université Laval.

Il m'a été expliqué que :

Le but de la recherche est de contribuer, dans un contexte de variabilité et de changements climatiques, à une meilleure gestion du lac Wégניה afin d'assurer aux populations riveraines un développement durable.

Pour réaliser cette recherche, des entretiens individuels et de groupe seront réalisés auprès des populations des villages Wégניה et Siracoro-Kononi. Par l'obtention d'un consentement verbal, la personne qui réalisera les entrevues s'engage auprès des participants à assurer la confidentialité des données recueillies.

Dans le cadre de mon implication dans la réalisation de cette recherche, j'aurai accès à des données qui sont confidentielles. En signant ce formulaire, je reconnais avoir pris connaissance du formulaire de consentement oral avec les participants et je m'engage à :

- ✓ Assurer la confidentialité des données recueillies, soit à ne pas divulguer l'identité des participants ou toute autre donnée permettant d'identifier un participant, un organisme ou des intervenants des organismes collaborateurs ;
- ✓ Assurer la sécurité physique et informatique des données recueillies ;
- ✓ Ne pas conserver de copie des documents contenant des données confidentielles.

Annexe 8. Quelques espèces végétales caractéristiques de la forêt-galerie occupant les rives du lac Wégnia ou longeant les lits d'écoulement

Mytragina inermis

Règne : *Plantae*
Famille : *Rubiaceae*
Genre : *Mitragyna*
Nom local : *Dioum*

Mytragina inermis se rencontre dans les zones marécageuses des régions tropicales et subtropicales et dans les plaines alluviales de la zone soudano-sahélienne de l'Afrique intertropicale. Au Mali, la décoction de feuilles est utilisée dans la médecine traditionnelle (contre la jaunisse, la syphilis, l'arthrite) (Toklo *et al.*, 2020).



Source : [Marco Schmidt \(2007\)](#)

Saba senegalensis

Famille : *Apocynaceae*
Genre : *Saba*
Nom local : *Zaban*

Saba senegalensis est une espèce de plante de la famille des Apocynaceae. Il se rencontre dans les savanes africaines et pousse généralement en bordure des cours d'eau. Son fruit devient mûr avec les



<http://www.lafermedeleo.eu>

premières pluies. Il s'agit d'un fruit qui peut être consommé à l'état naturel. Il peut également être transformé en confitures, yaourt, rehausser le goût de la bouillie de céréales...(M. G. Sarr *et al.*, 2018). Il est appelé zaban en langue locale (bambara) et se rencontre en nombre aux abords du lac Wégnia (selon nos enquêtes).



***Isoberlinia doka*,**

Famille : *Fabaceae*

Genre : *Isoberlinia*

Nom local : *Shyo*



Marco Schmidt (2010)

Isoberlinia doka est une espèce fréquente dans la zone soudano-guinéenne. En zone soudanienne nord (comme dans la zone du lac Wégénia), il se trouve en état de relique dans les savanes boisées. Il produit du bois d'œuvre, du bois de chauffe et de charbon (Cuny *et al.*, 1997).

Anogeissus leiocarpus

Famille : *Combretaceae*

Genre : *Anogeissus*

Nom local : *N'galama* (en bambara)

Espèce des savanes arbustives des zones soudano-guinéennes, *Anogeissus leiocarpus* fournit du bois d'œuvre et de service. La cendre est utilisée dans le tannage des peaux. Les fruits sont consommés en sauces (Cuny *et al.*, 1997).



Philippe Birnbaum (2003)

Breonadia salicina

Famille : *Rubiaceae*

Genre : *Breonadia*

Nom local : gɔnjɛ



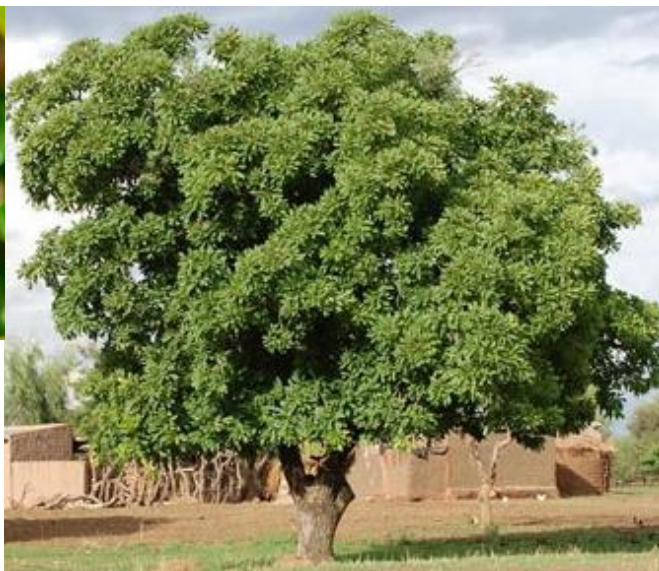
<https://en.wikipedia.org/wiki/Breonadia>

Breonadia salicina est une espèce qui est fréquente dans les formations forestières bordant ou prenant siège dans les cours d'eau, les rivières, les

lacs... dans les régions tropicales et subtropicales d'Afrique (<http://pza.sanbi.org/breonadia-salicina>). Dans la médecine traditionnelle, les écorces sont utilisées pour traiter la diarrhée et les feuilles pour traiter la fièvre jaune (ARBONNIER, 2002).

Annexe 9. Quelques espèces caractéristiques de la savane arborée et de la savane arbustive occupant la zone périphérique du lac Wégna

1. Quelques espèces qui sont plus ou moins abondantes



Vitellaria paradoxa

Famille : *Sapotaceae*

Genre : *Vitellaria*

Nom local : *Sii* (ji) (en bambara)

Le karité (*Vitellaria paradoxa* ou <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Vitellaria&oldid=980340006> *Butyrospermum parkii*) est une espèce qui est abondante au Mali, Burkina Faso, Niger, au nord du Ghana, de la Côte d'Ivoire, du Nigeria et du Cameroun (Cuny *et al.*, 1997). Il s'agit de l'une des espèces les plus importantes des savanes soudano-guinéennes. Ses utilisations locales sont multiples : Son bois est utilisé comme bois d'œuvre et de chauffe, la pulpe de son fruit est comestible, ses fleurs sont très prisées par les abeilles. À partir de sa graine, est produit un beurre qui est utilisé pour la cuisine comme source de graisse végétale, comme huile d'éclairage, pour la pharmacopée... (Sallé *et al.*, 1991).

Parkia biglobosa

Famille : *Mimosaceae*

Genre : *Parkia*

Nom local : *Nèrè*



Source : Orwa *et al* (2009)

Parkia biglobosa est une espèce qui se rencontre en Afrique entre 5° et 15° de latitude Nord et entre 18° de longitude Ouest et 30° de longitude Est. Elle se rencontre dans les anciennes forêts de la zone soudano-guinéenne. Elle se retrouve également près des villages, sur les jachères et les surfaces cultivées (Cuny *et al.*, 1997). La pulpe de la graine est riche en Vitamines : A, B1, B2, PP, C et contient 60% de sucre (Millogo-Rasolodimby et Guinko, 2006). ses graines permettent la fabrication d'une moutarde appelée « soubala » en bambara qui est l'un des principaux ingrédients de la sauce dans la sous-région ouest-africaine (Diarra *et al.*, 2016).

Lannea acida

Famille : *Anacardiaceae*

Genre : *Lannea*

Nom local : *M'peku* (en bambara)



Lannea microcarpa (PROTA). (2015).

Dispersée dans toute la zone soudanienne et soudano-guinéenne, se retrouvant dans des endroits rocheux, sur des terrains cuirassés et sur les plateaux, *Lannea acida* donne des fruits qui se consomment frais ou en boisson et leur pulpe est recherchée par les éleveurs, notamment pour les petits ruminants. Le bois est utilisé pour la fabrication de divers outils et d'ustensiles domestiques (Cuny *et al.*, 1997).

Ficus glumosa

Famille : *Anacardiaceae*

Genre : *Ficus*

Nom local (Bamabara) : *Nserébilen*



<http://pza.sanbi.org/ficus-glumosa>

Ficus glumosa est très répandue dans la zone tropicale africaine. L'écorce est utilisée comme une source de teinture populaire au Mali (procédé de teinture « *bogolan* »). Le bois est utilisé pour le bois de chauffage et le charbon de bois. Les usages médicaux sont nombreux : En Côte d'Ivoire, le latex est utilisé pour la douleur des entorses et le latex dilué dans l'eau est utilisé en République Centrafricaine pour traiter la diarrhée (<https://www.prota4u.org/database/searchresults.asp>).



Terminalia macroptera

Famille : *Combretaceae*

Genre : *Terminalia*

Nom local : wɔɓmuso (*bambara*)

www.ecofund.org/news/badamier-terminalia-macroptera.html

Arbre fruitier de la famille des *Combretaceae*, *Terminalia macroptera* est une espèce caractéristique de la savane de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. On le rencontre dans de nombreuses régions tropicales d'Afrique, dans la forêt claire et dans la savane herbeuse broussailleuse, souvent à proximité de rivières sur des sols argileux mal drainés. Elle peut atteindre 20 m de hauteur, avec un tronc allant à 40 cm d'épaisseur (Ecofund, 2017).

En Afrique de l'ouest, *Terminalia macroptera* est beaucoup utilisé en médecine traditionnelle pour soigner plusieurs maladies : la décoction ou l'infusion de racines sert à traiter le paludisme, l'hépatite, les maladies vénériennes et la conjonctivite. Les racines servent dans le traitement des dépressions, de la toux, de la syphilis, des infections urinaires... (Wikipédia, 2020). Le bois est utilisé en construction (comme poutres ou traverses), pour la fabrication divers outils, pour le charbon de bois. Les cendres sont utilisées en cosmétiques (Cuny *et al.*, 1997).

Combretum micranthum

Famille : *Combretaceae*
Genre : *Combretum*
Nom local Bambara : *nkòlòbe*



Marco Schmidt (2012)

Faisant partie de la famille des Combrétacées, *Combretum micranthum* est une espèce qui se développe dans les pays sahéliens (Sénégal, Mali, Niger, Burkina Faso, Guinée, Guinée-Bissau), et ses feuilles sont souvent consommées en tisane. Elle est reconnue pour ses propriétés diurétiques, dépuratives et digestives (http://wikimonde.com/article/Combretum_micranthum).



Moran et al (2016)

Combretum glutinosum

Famille : *Combretaceae*
Genre : *Combretum*
Espèce : *glutinosum*
Nom local : *Tiangàrà* (Coulibaly, 2019)

Combretum glutinosum est une plante qui se rencontre du Sénégal au Cameroun en passant par le Mali jusqu'au Soudan. Dans le Sahel, on la retrouve auprès des mares, dans les ravins, les galeries soudaniennes (H. Coulibaly, 2019). C'est une plante qui est utilisée dans la pharmacopée africaine. Par exemple, les feuilles vertes sont utilisées sur les blessures et sont également utilisées en cas de bronchite, de malaria, d'anémie, de migraine, ainsi qu'en cas de rhume (Maydell Hans, 1990).

2. Exemples d'espèces qui se raréfient



Khaya senegalensis

Famille : Meliaceae
Genre : *Khaya*
Nom bambara : *Jala*



<https://nurserylive.com/en/plants/plants-by-type/avenue-trees/khaya-senegalensis>

Khaya senegalensis est une espèce qui est présente dans les zones soudanienne, soudan-guinéenne, et soudano-sahélienne (essentiellement dans les zones où la pluviométrie est comprise entre 650 mm et 1300 mm), et se rencontre surtout dans les plaines et les plateaux de faible altitudes (Cuny *et al.*, 1997).

Pterocarpus santalinoides

Famille : Fabaceae
Genre : *Pterocarpus*
Nom local : Jàwu

Pterocarpus santalinoides se rencontre généralement le long des forêts fluviales en Afrique de l'ouest tropicale et en Amérique du Sud tropicale. C'est une excellente



Marco Schmidt (2010)

plante capable de mieux conserver les sols dans les bassins versants et ses feuilles sont utilisées comme légume (WAC, 2020). Aussi, ses jeunes pousses et ses feuilles sont consommées par le bétail et son écorce est utilisée contre les maux d'estomac...

Spondias monbin

Famille : *Anacardiaceae*

Genre : *Spondias*

Nom local : Minko



Spondias monbin est une plante qui appartient à la famille des *Anacardiaceae*.

Elle est originaire d'Amérique tropicale, mais a été naturalisée dans certaines régions

d'Afrique. Elle peut se développer sous les climats chauds et pousser sur une diversité de sols (CEDEAO/OOAS, 2013). Au Mali, elle est utilisée dans le traitement de la carie dentaire. Elle est aussi utilisée comme fébrifuge, laxatif, purgatif et un diurétique (Adjanohoun *et al.*, 1979).

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Spondias_mombin

Annexe 10. Avifaune du lac Wégénia : Quelques espèces d'oiseaux qui sont visibles autour du lac Wégénia



Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Ombrette_africaine

Scopus umbretta

Famille : *Scopidae*

Genre : *Scopus*

Nom local : *Tintadoni*

L'Ombrette (*Scopus umbretta*) est un oiseau de la savane boisée qui vit dans les milieux humides (toujours à proximité de l'eau comme le montre l'image ci-haut). Il se nourrit de poissons, de crustacés, batraciens... (Malzy, 1962).



Ardea cinerea (source : François, 2019)

Ardea cinerea

Ordre : Péléciformes

Famille : *Ardéidés*

Genre : *Ardea*

Nom local : *N'kùràndjèwolosso*

Le héron cendré (*Ardea cinerea*) est une espèce très répandue en Afrique. Toujours à proximité de l'eau (Malzy, 1962). Il fréquente toutes les eaux douces ou saumâtres quand elles regorgent du poisson. On peut le rencontrer également dans les milieux agricoles quand il chasse les rongeurs et autres proies. Il mise sur les grands arbres pour installer son nid (pour la reproduction) (François, 2019). Il se nourrit de poissons, grenouilles, lézards, insectes aquatiques... Au Mali, il est très fréquent dans le delta intérieur du Niger (Malzy, 1962), et dans la zone humide du lac Wégénia (selon notre expérience de terrain).



https://fr.wikipedia.org/wiki/Héron_pourpré

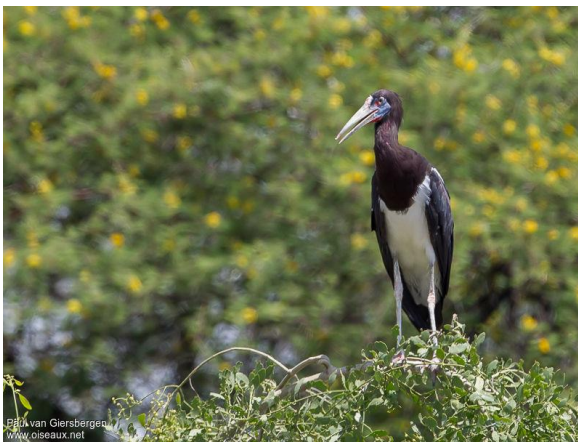
Ardea purpurea

Famille : *Ardeidae*

Genre : *Ardea*

Nom local : *N'tah*

Le héron pourpré (*Ardea purpurea*) se rencontre en Afrique, en Europe (centre et sud) et en Asie. Il est fréquent dans la vallée du Niger (Malzy, 1962). En général il se reproduit au bord des lacs et des marécages. Il fréquente beaucoup les zones humides (comme le lac Wégénia) avec des rives couvertes de végétation (Didier Collin, 2009).



Source : <https://www.oiseaux.net>

Ciconia abdimii

Famille : *Ciconiidae*

Genre : *Ciconia*

Nom local : *Bani kono ou Sadjoumè*

Originaire de l'Afrique au sud du Sahara, et de l'extrême sud de la péninsule arabique, le cigogne d'Abdim se rencontre dans les régions semi-arides et tropicales situées au nord de l'équateur, du Sénégal en passant par le Mali jusqu'à la corne de l'Afrique. Il

fréquente les milieux humides (Daniel-le-Dantec, 2013).



<https://ebird.org/species/spwgoo1/AR>

Plectropterus gambensis

Famille : *Anatidae*

Genre : *Plectropterus*

Nom local : *Bounou*

Fréquentant plusieurs types de zones humides (lacs, marais entourés de prairies, rivières, deltas...), l'oie de Gambie ou l'oie armée (*Plectropterus gambensis*) est le plus grand des Anatidés africains (Malzy, 1962).

***Pandion haliaetus*,**

Famille : Pandionidae

Genre : Pandion

Pandion haliaetus est une espèce qui se rencontre au bord des plans d'eau moins profonds et poissonneux (des eaux côtières saumâtres), des lacs d'eau douce (comme le lac Wégénia). Elle est très répandue à travers le monde à l'exception des pôles.



https://fr.wikipedia.org/wiki/Balbuzard_pêcheur

Annexe 11. Quelques reptiles plus ou moins abondants autour du lac Wégna

Varanus niloticus
Famille : Varanidae
Genre : Varanus
Nom local : N’Kana

Le varan du Nil (*Varanus niloticus*) est amphibie, il se rencontre partout où l’eau existe au moins de façon saisonnière : lac, mares, fleuves, marécages, etc. Bref, il se trouve dans les zones humides continentales (Ciliberti, 2011).



Varanus exanthematicus
Famille : Varanidae
Genre : *Varanus*
Nom local : **Koro**



Varanus exanthematicus, appelé aussi Varan des savanes, est une espèce de la famille des Varanidae qui se rencontre un peu partout en Afrique occidentale (surtout au Mali), centrale et orientale. Mesurant entre 80 et 110 cm, il est un petit varan (wikipedia.org/wiki/Varan_des_savanes).

Python regius

Famille : *pythonidae*

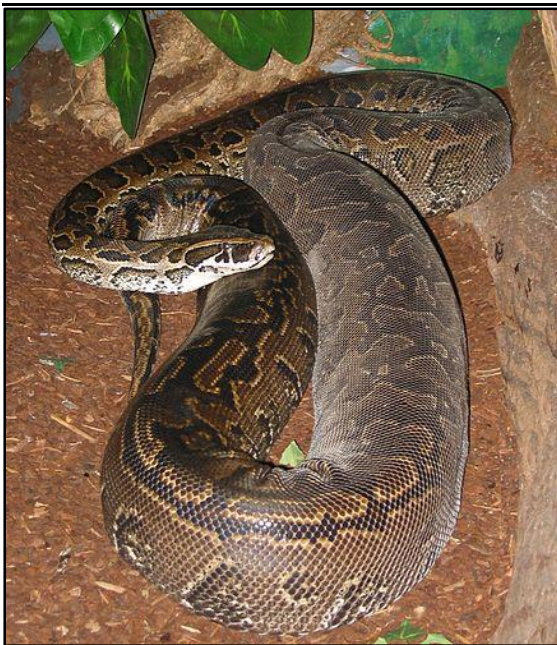
Genre : *Python*

Nom local : *N'tomi*

En Afrique, on rencontre le python royal (*Python regius*) dans une zone depuis le Sénégal jusqu'à l'ouest de l'Ouganda et au nord de la République démocratique du Congo. Il vit en général dans les prairies et les espaces peu boisés.



https://fr.wikipedia.org/wiki/Python_royal



https://fr.wikipedia.org/wiki/Python_de_Seba

Python Sebae

Famille : *Pythonidae*

Genre : *Python*

Nom local : *Mininyan*

Faisant partie des six plus grands serpents du monde, le python de seba (*Python sebae*) est la plus grande espèce de serpent d'Afrique. On le rencontre dans les forêts, les prairies et les paysages transformés par l'homme (comme des champs de canne à sucre), mais en général, il se rapproche des plans d'eau pour sa reproduction (Branch et Hacke, 1980). Largement répandu en Afrique subsaharienne, s'étendant du Sénégal à l'Éthiopie et à la Somalie, puis vers le sud jusqu'au nord de l'Angola, ce serpent non venimeux peut atteindre environ 7,5 m de long dans son habitat naturel (Murphy et Henderson, 1997). De nos jours, *Python sebae* est une espèce menacée à cause de la perte d'habitat et la chasse pour la viande, le cuir (sa peau est utilisée pour la confection des vêtements), le commerce d'animaux de compagnie et la médecine traditionnelle et les articles fétiches (Luiselli *et al.*, 2001).

Annexe 12. Quelques espèces de poissons pêchées dans le lac Wégnia

Synodontis schall

Nom Bambara : Konkonblen

Famille : Mochokidae

(Lévêque et Paugy, 1984)



Clarias gariepinus

Nom Bambara : Manokofing

Famille : Clariidae

(Mano, 2016)



Mormyrus rume

Nom Bambara : Nanadadjan

Famille : Mormyridae

(Gsegner, s. d; Mano, 2016)



Labeo senegalensis
Nom bambara : Bamandjé
Famille : Cyprinidae
(Mano, 2016)



Brycinus nurse
Nom Bambara : Zara kublé
Famille : Alestiidae
(Lévêque et Paugy, 1984)



Nom : ***Schilbé mystus***
Nom Bambara : Nguarifing
Famille : Schilbeidae
(Mano, 2016)

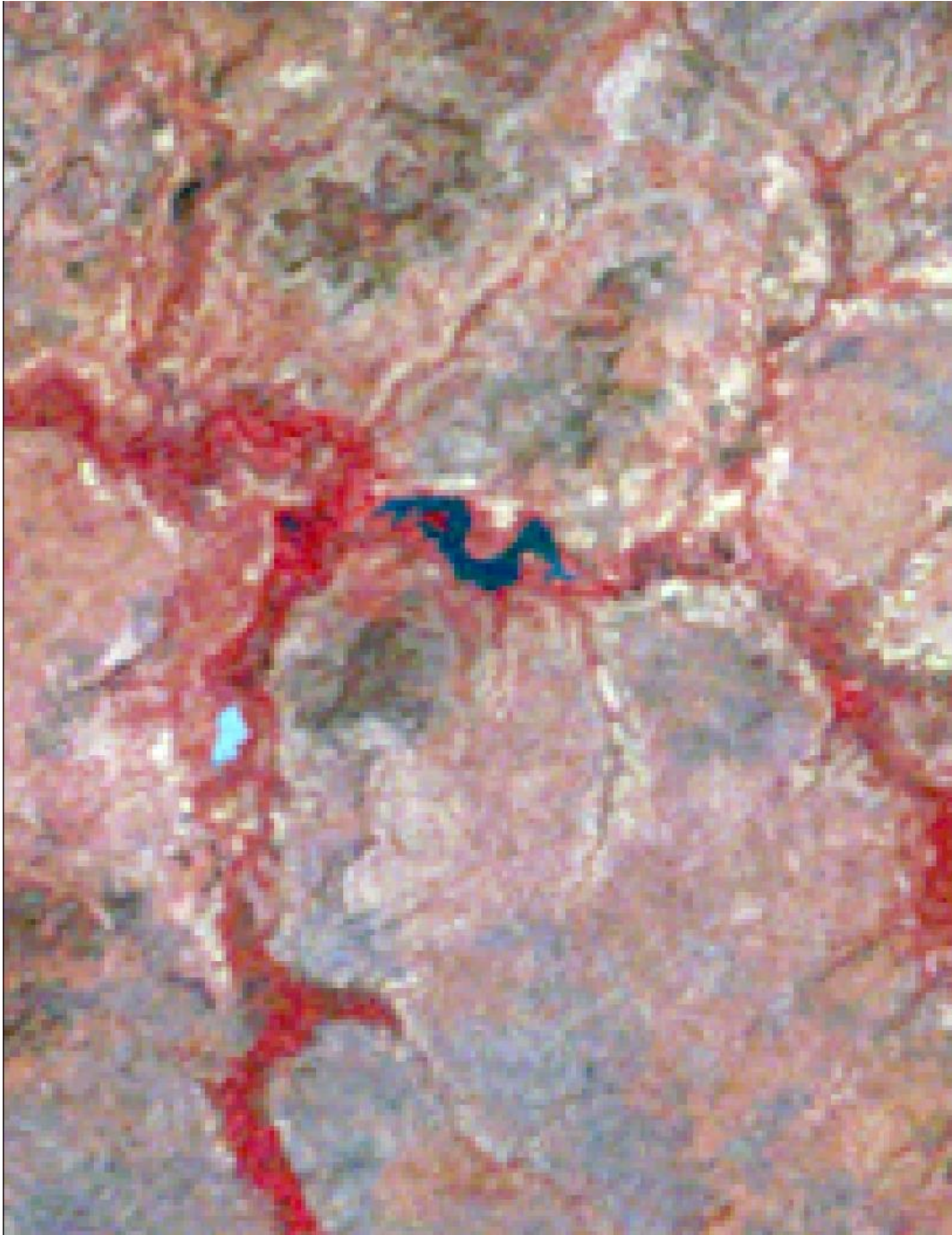


Sarotherodon galileu
Nom Bambara : Ntèbendjè
Famille : Cichlidae
(Mano, 2016)



Annexe 12 : Des images issues du processus de traitement d'images satellites

- 1. Composition colorée en fausse couleur de l'image landsat de 1972 de la
zone humide du lac Wégna : combinaison des bandes 4-2-1**



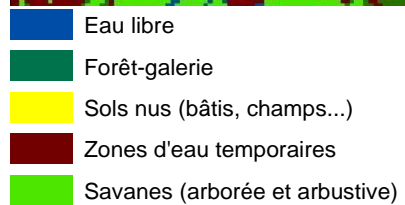
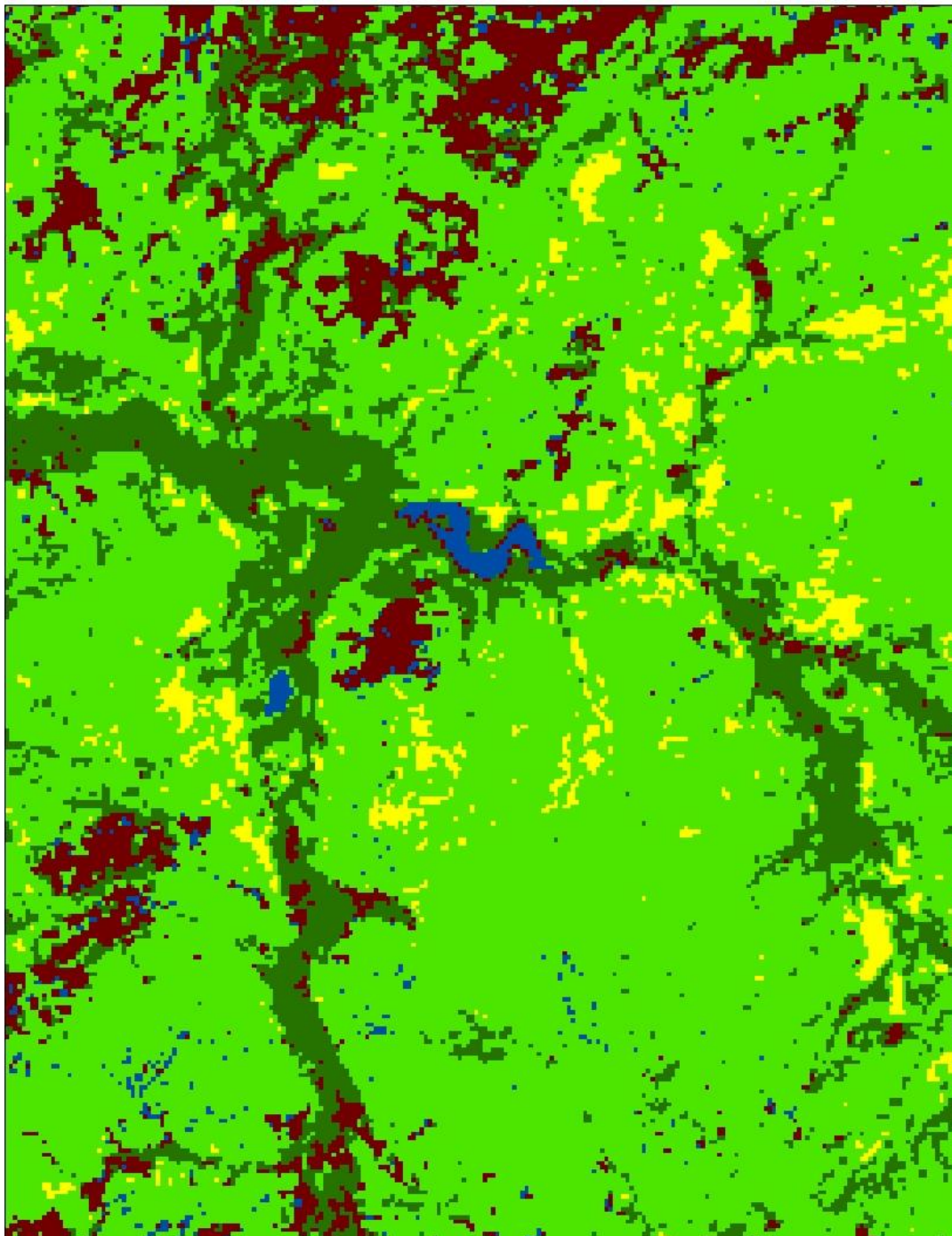
2. Composition colorée en fausse couleur de l'image landsat de 2000 de la zone humide du lac Wégna : combinaison des bandes 4-3-2



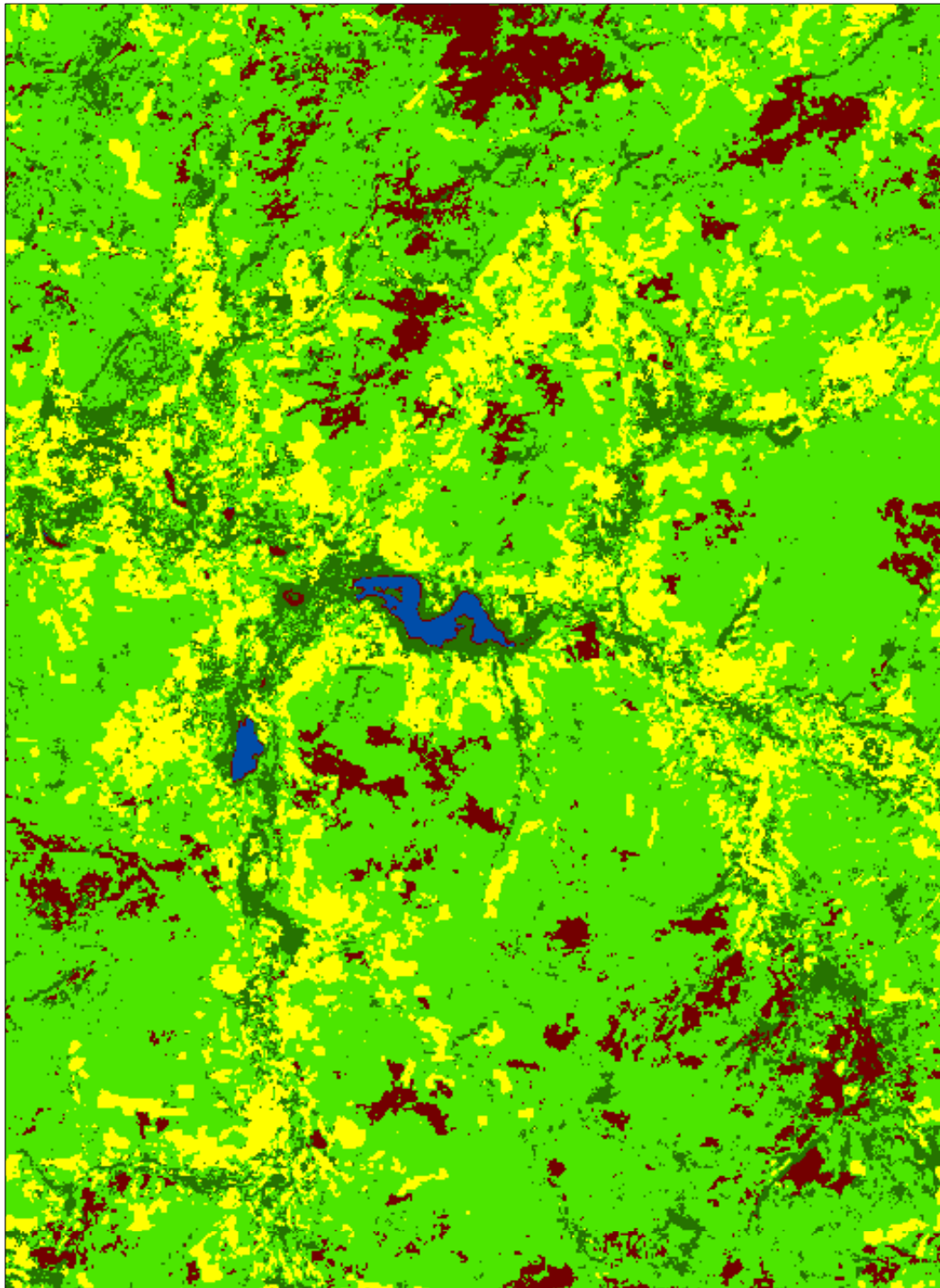
3. Composition colorée en fausse couleur de l'image landsat de 2018 de la zone humide du lac Wégnia : combinaison des bandes 5-4-3



4. Image de la classification supervisée de la zone d'étude en 1972

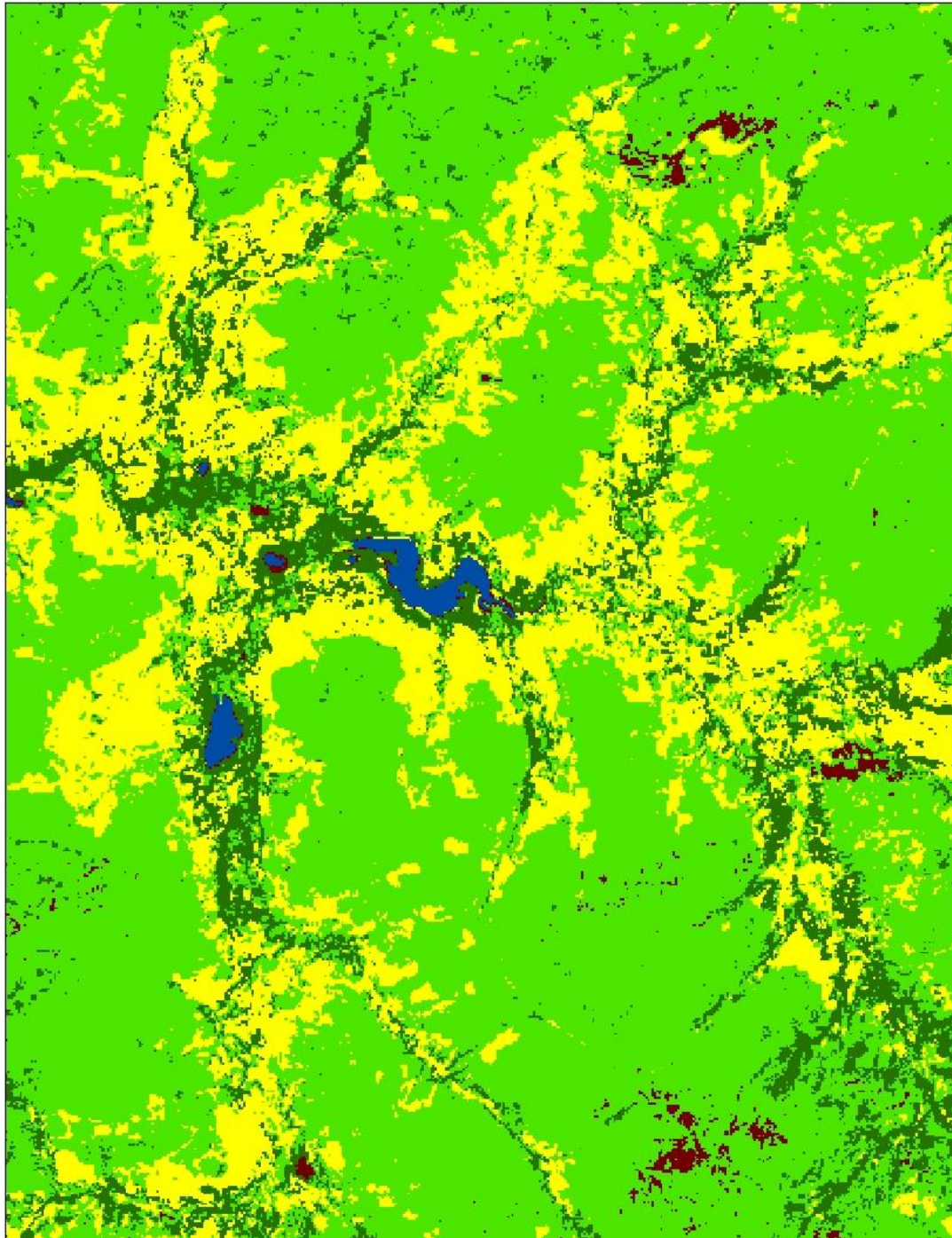


5. Image de la classification supervisée de la zone d'étude en 2000



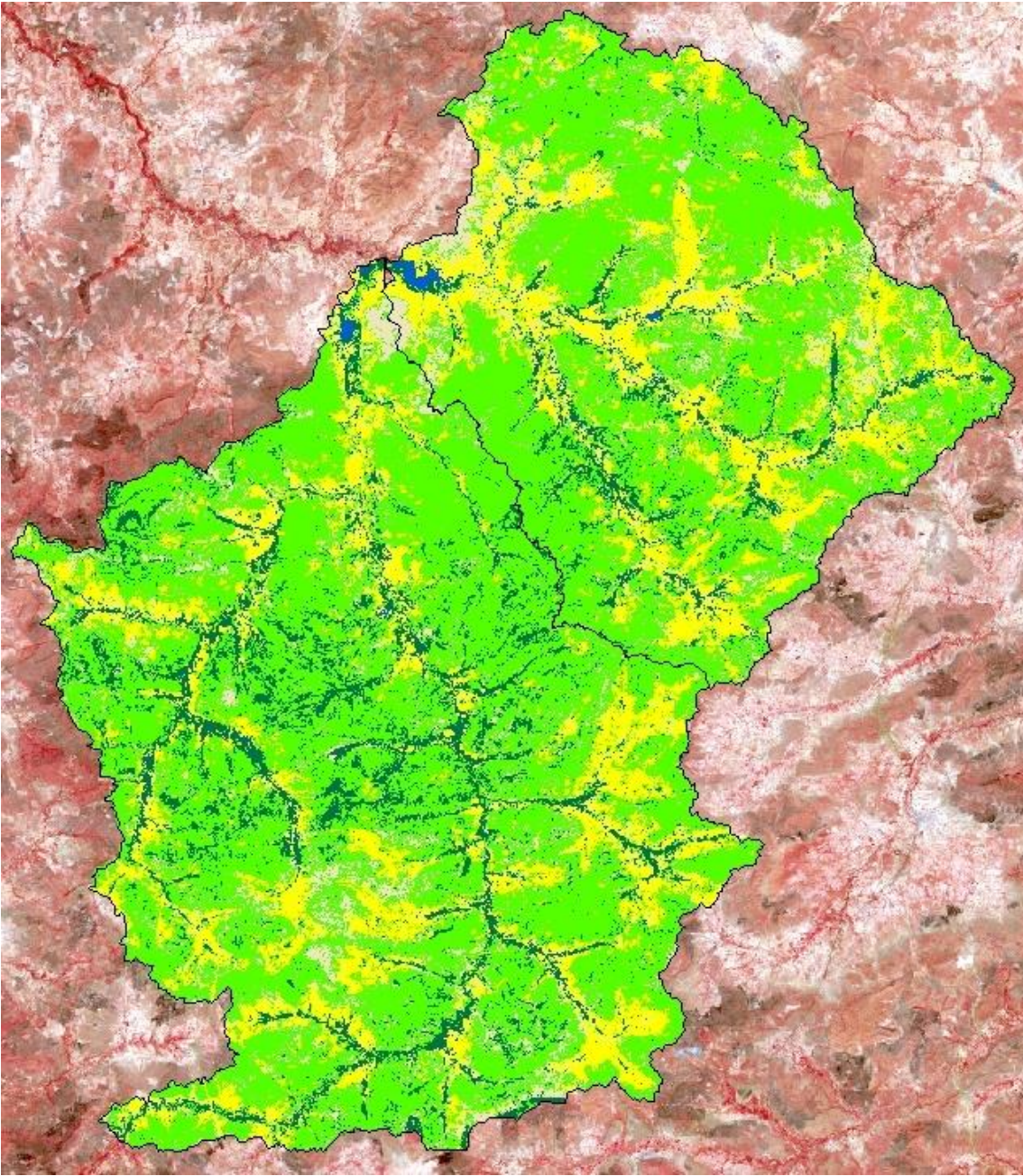
- Eau libre
- Forêt-galerie
- Sols nus (bâtis, champs...)
- Zones d'eau temporaires
- Savanes (arborée et arbustive)




6. Image de la classification supervisée de la zone d'étude en 2018



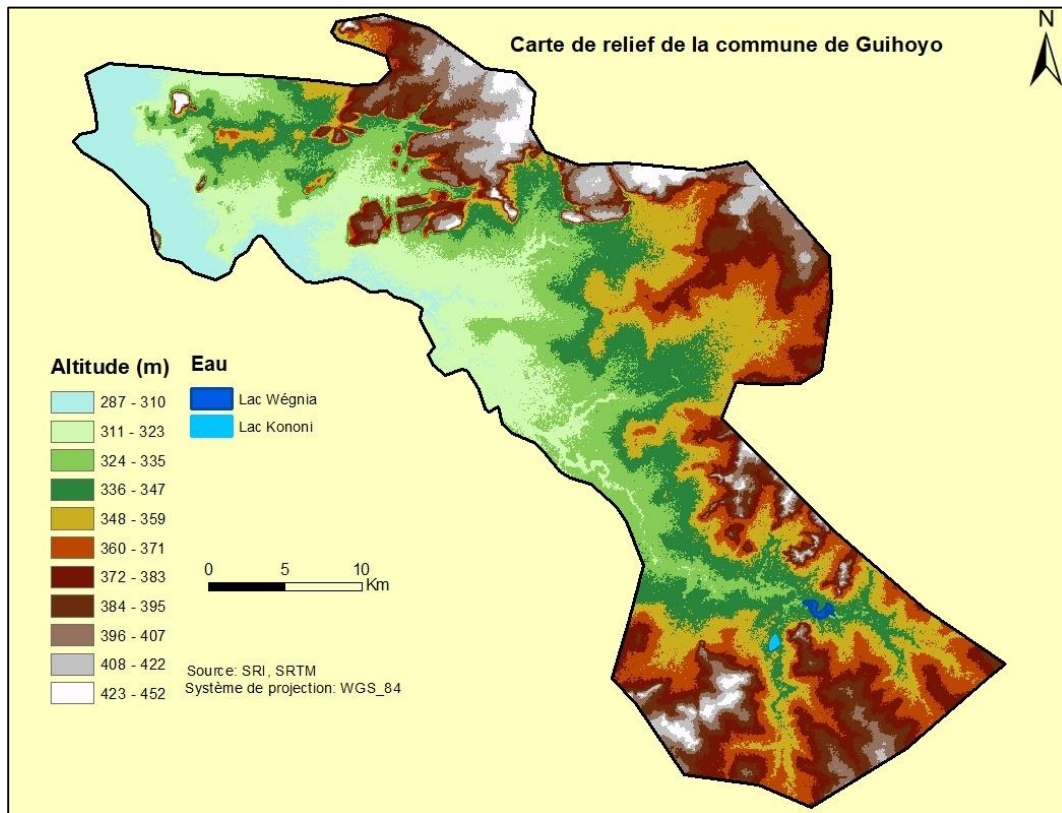
- Eau libre
- Forêt-galerie
- Sols nus (bâtis, champs...)
- Zones d'eau temporaires
- Savanes (arborée et arbustive)

7. Image de la classification supervisée du bassin du lac Wégnia



-  Eau libre
-  Forêt-galerie
-  Sols nus (bâties, champs...)

Cartes de la commune de Guihoyo : Carte du relief et la localisation de l'étang à l'échelle de la commune



Situation de l'étang de piscicole à l'échelle de la région

