



Livre SUSFISH

Pêche durable et gestion de l'eau Voies de transformation pour le Burkina Faso

1^{ère} édition – 2023 (*online version 11.05.2023*)

Editeurs

Adama OUEDA - Raymond OUEDRAOGO - Jacques SOMDA
Illassa OUEDRAOGO - Rimwaodo Pierre SILGA - Komandan MANO
Vincent-Paul SANON - Charlotte VOIGT - Patrice TOE et Andreas MELCHER



universität
wien





Coordonnateurs du projet SUSFISH-plus (appear) :

PD DI Dr. **Andreas MELCHER**, Institute for Development Research, Department of Sustainable Agricultural Systems University of Natural Resources and Life Sciences BOKU, Vienne, Autriche

Dr. **Raymond OUEDRAOGO**, Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, Ouagadougou, Burkina Faso

Coordonnateurs du projet ProLit (Africa-UniNet) :

Pr **Adama OUEDA**, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies, Université de Ouahigouya, Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, Burkina Faso

PD DI Dr. **Andreas MELCHER**, Institute for Development Research, Department of Sustainable Agricultural Systems, University of Natural Resources and Life Sciences BOKU, Vienna, Austria



**africa
uninet**

appear

Austrian Partnership Programme
in Higher Education and Research
for Development

*Africa Uninet and/et appear
implemented by
mis en œuvre par*

oead

Agency for Education and Internationalisation

Livre SUSFISH

Pêche durable et gestion de l'eau

Voies de transformation pour le Burkina Faso

Leçons tirées des projets APPEAR [56] et [166] SUSFISH et SUSFISH-plus

Gestion durable des ressources en eau et en poissons au Burkina Faso

Le Austrian Partnership Programme in Higher Education and Research for Development (APPEAR: programme autrichien de partenariat pour l'enseignement supérieur et la recherche pour le développement) accompagne les partenariats d'enseignement supérieur et de recherche entre les établissements autrichiens et les pays partenaires de la Austrian Development Cooperation (ADC : Coopération autrichienne pour le développement). Depuis 2010, APPEAR a financé 43 partenariats dans 20 pays et octroyé 126 bourses d'études, principalement pour des études de doctorat en Autriche. La conception et la mise en œuvre des projets sont guidées par les principes directeurs du programme : approche participative, connaissances culturellement ouvertes, approche orientée vers la pratique et l'empirisme, sensibilité au genre ainsi que l'approche ascendante et axée sur la demande. Pour plus d'informations, consulter : www.appear.at

APPEAR est un programme financé par la Austrian Development Agency (ADA : Agence autrichienne de développement) avec des fonds de la Austrian Development Cooperation et mis en œuvre par la Austrian Agency for International Cooperation in Education and Research (OeAD-GmbH : Agence autrichienne pour la coopération internationale en matière d'éducation et de recherche).

Les projets Susfish et Susfish-plus, financés par ADA dans le cadre de APPEAR, visent à produire des connaissances fiables et à améliorer les politiques, la gestion, la recherche et l'éducation sur l'eau et les pêcheries pour accroître la durabilité des écosystèmes au Burkina Faso.

ProLit (Promotion and Literature Awareness in Sustainable Fisheries and Water Management Transformation Pathways for Africa) est un projet financé par le ministère fédéral autrichien de l'éducation, des sciences et de la recherche (BMBWF) dans le cadre du réseau Africa-UniNet qui est coordonné par l'OeAD et l'Université BOKU. Ce projet a été mis en œuvre par l'Université de Ouahigouya, Burkina Faso.

Livre SUSFISH

Pêche durable et gestion de l'eau

Voies de transformation pour le Burkina Faso

Leçons tirées des projets APPEAR [56] et [166] SUSFISH et SUSFISH-plus

Gestion durable des ressources en eau et en poissons au Burkina Faso

Version française

Editeurs: Adama OUEDA, Raymond OUEDRAOGO, Jacques SOMDA, Ilassa OUEDRAOGO, Rimwaodo Pierre SILGA, Komandan MANO, Vincent-Paul SANON, Charlotte VOIGT, Patrice TOE et Andreas MELCHER

Reviewers : Pr GUENDA Wendengoudi – Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales, Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

Dr PONT Didier Auguste - Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management (IHG), University of Natural Resources and Life Sciences

Comment citer ce document : Oueda A., Ouedraogo R., Somda J., Ouedraogo I., Silga RP., Mano K., Sanon V-P., Voigt C., Toe P. et A. Melcher A. (2023). Pêche durable et gestion de l'eau, Voies de transformation pour le Burkina Faso : Livre SUSFISH ; SUSFISH-plus Project Consortium - <http://susfish.boku.ac.at/>

Version anglaise

Editors: Andreas MELCHER, Raymond OUEDRAOGO, Adama OUEDA, Jacques SOMDA, Patrice TOE, Jan SENDZIMIR, Gabriele SLEZAK, Charlotte VOIGT

Reviewers: Phillipe CECCHI – Institute of Research for Development, Marseille, France Allasane OUTTARRA – University Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Comment citer la version anglaise: Melcher A., R. Ouedraogo, A. Oueda, J Somda, P Toe, J. Sendzimir, G. Slezak, C. Voigt (2020) SUSFISHBook -Sustainable Fisheries and Water Management. Transformation Pathways for Burkina Faso. SUSFISH-plus Project Consortium - <http://susfish.boku.ac.at/>. ISBN: 978-3-9504470-9-5

Impressum Copyright SUSFISH-plus Project Consortium - <http://susfish.boku.ac.at/>

Tout le contenu du document est protégé par le droit d'auteur. Les auteurs des contributions sont responsables de leurs contenus sous réserve de la traduction réalisée par l'équipe de ProLit.

Contact : oueda14@yahoo.fr ; andreas.melcher@boku.ac.at ou ouedray@yahoo.com

Table des matières

Remarques préliminaires du Ministre chargé des Ressources Animales et Halieutiques du Burkina Faso	vi
Préface.....	xiii
Chapitre 1 : Résumé et but des projets SUSFISH.....	1
Summary and Aim of SUSFISH Projects.....	2
Chapitre 2 : Introduction	3
2.1. Histoire et tradition de la pêche au Burkina Faso	4
2.2. Géographie du Burkina Faso	11
2.3. Les ressources hydriques du Burkina Faso.....	13
2.4. Pourquoi l'introduction des bio-indicateurs dans les écosystèmes aquatiques africains?.....	18
Chapitre 3 : Menaces sur les écosystèmes aquatiques au Burkina Faso	23
3.1. Types de pressions	23
3.2. Utilisation de l'indice de pression global.....	28
Chapitre 4 : Changements climatiques et ressources piscicoles.....	32
4.1. Impacts des changements climatiques sur les facteurs biotiques	32
4.2. Connaissances endogènes et perceptions des pêcheurs sur les changements climatiques.....	36
4.3. Modélisation des impacts sur la distribution des poissons.....	39
Chapitre 5 : Sites d'échantillonnage du projet SUSFISH.....	42
Chapitre 6 : Echantillonnage des macroinvertébrés	47
6.1. Méthodes d'échantillonnage, sites et habitats	47
6.2. Biodiversité.....	49
6.3. Utilisation des résultats en limnologie et dans la gestion des ressources en eau	53
Chapitre 7 : Echantillonnage des poissons	55
7.1. Méthodologie d'échantillonnage	55
7.2. Liste des espèces de poissons rencontrées lors du projet SUSFISH.....	58
7.3. Étude de la biodiversité moléculaire.....	62
Chapitre 8 : Aspects socio-économiques	67
8.1. Gouvernance et stratégies de gestion.....	67
8.2. Genre et pêches	72
8.3. Analyse des chaînes de valeurs et gestion durable des pêcheries.....	75
Chapitre 9 : Aquaculture : Historique et potentialités	79
Chapitre 10 : Ateliers de simulation et de scénarisation	84
10.1. Présentation de la situation actuelle.....	85

10.2. Visions et perspectives	87
Chapitre 11 : Synthèse : Modèle conceptuel	90
Chapitre 12 : Perspectives	108
Références bibliographiques	113
Liste des figures	129
Liste des tableaux	132
Liste des Contributeurs aux projets SUSFISH et SUSFISHplus	135
Annexes protocole	138
Annexes photo (copyright SusFish consortium)	140
Annexes éditeurs and auteurs photo et short bio (copyright Susfish and ProLit consortium)	145

Remarques préliminaires du Ministre chargé des Ressources Animales et Halieutiques du Burkina Faso



Au Burkina Faso, malgré les ressources en eau relativement limitées, la pêche et l'aquaculture jouent un rôle de plus en plus important dans l'économie nationale. Cela se manifeste, surtout pour les populations les plus pauvres, par leur contribution qualitative dans la nutrition, l'emploi, l'apport en revenus non négligeables réinvestis dans l'agriculture (intrants), l'élevage (volaille, petits ruminants, ...) et le petit commerce et dans la réduction de l'exode rural.

Conscient du fait que les enjeux de gestion durable des ressources halieutiques exigent une meilleure connaissance de la pêche et de l'aquaculture en vue de mieux guider la prise de décisions au niveau politique et réglementaire, le Gouvernement a adopté en 2013 une politique nationale assortie d'une stratégie de développement durable de la pêche et de l'aquaculture à l'horizon 2025 pour booster le développement de ce sous-secteur. Il est prévu entre autres axes stratégiques dans ce document, la recherche développement.

Mon département a bénéficié depuis près de 10 ans d'un accompagnement des projets Susfish et Susfish-plus, financés par la Coopération Autrichienne pour le Développement, qui a permis de répondre à certaines questions, d'éclairer bien de situations et d'ouvrir d'autres chantiers pour mieux diagnostiquer les problématiques du sous-secteur et accroître quantitativement et qualitativement la production halieutique.

Je retiens entre autres résultats de la série de publications, l'évaluation du statut de conservation des espèces de poisson du Burkina Faso, l'impact des politiques et des règlements sur la gestion des ressources halieutiques, les chaînes de valeurs dans ce secteur d'activités, des pistes de solutions pour la promotion de la pisciculture, les questions genres....

Je voudrais à cet égard, manifester ma gratitude aux partenaires techniques aussi bien nationaux (INERA, Université Joseph KI-ZERBO, Université Nazi BONI, UICN) qu'internationaux (BOKU-University of Natural Resources and Life Sciences, University of Vienna, International Institut for Applied Systems Analysis) et financiers (Austrian Partnership Programme for Higher Education and Research for Development mis en oeuvre par l'OeAD) pour leur apport combien pertinent dans la mise en oeuvre de la politique nationale permettant de donner des orientations appropriées pour le développement de la pêche et de l'aquaculture au Burkina Faso.

Version en anglaise

In Burkina Faso, despite relatively limited water resources, fishing and aquaculture play an increasingly important role in the national economy. For the poorest populations this is especially evident due to the fish contribution to nutrition, employment, reduction of rural exodus, the reinvestment of income from fish in agriculture (inputs), livestock breeding (e.g. poultry and small ruminants), and small business. Aware of that challenges of sustainable management of fishery resources require a better

knowledge in fishing and aquaculture to better guide decision-making for policy and planning, the Government has adopted a national policy and a national strategy in 2013 (Strategy for the Sustainable Development of Fisheries and Aquaculture by 2025) to boost the development of this subsector. One of the strategic areas is the contribution of research for development.

For almost 10 years my department has benefited from support from the research project named SUSFISH and SUSFISH-Plus that stands for Sustainable Management of Fish Water and Fish Resources in Burkina Faso. This project was able to give answers to critical questions, to diagnose a number of problematical situations in the hope of better and sustained national production of fish.

As results, the project produced scientific publications, evaluated the conservation status of the country's fish species, studied the impact of policies and legislations in the management of fishery resources, analysed the value chains in fisheries, proposed solutions for to promote fish farming and raised gender awareness in fisheries.

In this regard, I would like to express my gratitude to both national scientific partners (INERA, University Joseph KI ZERBO, University NAZI BONI, IUCN, the General Directorate for Fish Resources) and international partners (University of Natural Resources and Life Sciences in Vienna, University of Vienna, International Institute for Applied Systems Analysis) and financial partners (Austrian Programme for Higher Education and Research implemented by the OEAD and financed by the ADA) for their very relevant and important contribution in giving insight to the improvement and implementation of national policy in fisheries and aquaculture.

Sommanogo KOUTOU

Sommanogo Koutou

Le Ministre des Ressources Animales et Halieutiques

Officier de l'Ordre National

Remarques préliminaires du Directeur Général de ADA



Avec cette publication, l'équipe de collaborateurs du projet APPEAR SUSFISH présente les résultats de son travail, qui s'est étalé sur une période de six ans. Par la manière dont SUSFISH a été conçu et dont ses résultats sont présentés à un public plus large, le projet est exemplaire de ce que notre programme phare d'enseignement supérieur et de recherche pour le développement s'efforce de réaliser : la génération de connaissances scientifiques pour aider à surmonter les défis du développement et améliorer la vie des communautés. Le Burkina Faso dispose d'un potentiel inexploité pour améliorer la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance par la gestion des plans d'eau intérieurs, la professionnalisation de la production piscicole et le développement des chaînes de valeur liées à la production, la transformation et la distribution du poisson.

Les informations et les preuves présentées dans cet ouvrage ont été compilées en vue de la prise de décision politique et de l'intervention au niveau communautaire. Avec des chapitres liés à l'histoire, l'écologie, la sociologie et l'économie de l'eau et de la gestion de la pêche, cette publication offre des idées et des recommandations pertinentes pour le développement du secteur, y compris des travaux universitaires supplémentaires.

Au nom de la Coopération autrichienne pour le développement et de APPEAR, je salue tous les efforts de l'équipe de SUSFISH. J'espère que cette publication sera largement diffusée et constituera une ressource précieuse pour les acteurs universitaires et non universitaires de notre pays partenaire, le Burkina Faso, et au-delà.

Version en anglaise

With this publication, the team of collaborators of the APPEAR SUSFISH project presents the results of its work, spanning a period of six years. In the way SUSFISH was conceived and its results are presented to a wider audience, the project is exemplary to what our flagship programme for higher education and research for development strives to achieve: the generation of scientific knowledge to help overcome developmental challenges and improve the lives of communities.

Burkina Faso has an untapped potential to improve food security and livelihoods through the management of inland water bodies, the professionalization of fish production and the development of value chains related to the production, processing and distribution of fish. The information and evidence presented in this book have been compiled with both policy decision making and community level intervention in mind. With chapters related to history, ecology, sociology and economy of water and fishery management, this publication offers pertinent insights and recommendations for the development of the sector, including further academic work.

On behalf of the Austrian Development Cooperation and APPEAR, I commend all efforts of the SUSFISH team. I trust that this publication will find wide circulation and be a valuable resource to academic and non-academic stakeholders in our partner country Burkina Faso and beyond.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Ledolter', with a stylized flourish at the end.

Dr. Martin LEDOLTER, LL.M.

Managing Director Austrian Development Agency (ADA), the operational unit of Austrian Development Cooperation

Avant-propos



Le programme autrichien de partenariat dans l'enseignement supérieur et la recherche pour le développement (APPEAR) encourage depuis dix ans la coopération scientifique entre les universités autrichiennes et les pays partenaires de la Coopération autrichienne pour le développement (ADC). Les projets soutenus par APPEAR sont sélectionnés par le biais d'un processus de qualification compétitif, en tenant compte des cinq principes de base du programme, à savoir une approche participative, un concept de connaissance culturellement ouvert, une approche orientée vers la pratique et l'empirisme, une sensibilité au genre et enfin une approche ascendante et axée sur la demande.

Le projet SUSFISH est particulier parce qu'il a été couronné de succès dans deux processus de sélection. Il a débuté pendant la première phase du programme APPEAR en tant que partenariat académique (2011-2014) et s'est poursuivi en tant que partenariat académique avancé (2016-2020) dans la deuxième phase de APPEAR. À partir des résultats du projet APPEAR, qui s'est achevé avec succès, de nouveaux objectifs qualitatifs ont été définis, et la collaboration scientifique a été poursuivie. En outre, les expériences acquises lors de la première phase ont pu être utilisées pour renforcer des structures de recherche et d'enseignement durables dans les institutions impliquées. Ainsi, APPEAR a soutenu le renforcement des capacités et la recherche sur la gestion durable des ressources en eau et en poissons au Burkina Faso pendant plus de sept ans.

En réalité, la coopération qui a abouti au projet SUSFISH a commencé bien plus tôt, lorsque Dr Raymond Ouedraogo, le coordinateur national du projet, a entrepris ses études doctorales, également financées par l'ADC, à l'Université des ressources naturelles et des sciences de la vie (BOKU) de Vienne. L'idée du projet est née des résultats de sa thèse de doctorat entreprise en collaboration avec son superviseur académique, Dr Andreas Melcher, en Autriche. Après avoir terminé ses études avec succès, Raymond Ouedraogo a repris son travail au Burkina Faso, au département des pêches du ministère de l'environnement et du développement durable, où il a pu faire appel à d'autres institutions importantes, telles que le département de biologie de l'université de Ouagadougou (Université Joseph KI-ZERBO), le département de sociologie et le département de santé de l'université de Bobo-Dioulasso (Université Nazi BONI) et l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature, bureau Afrique de l'Ouest (UICN).

Grâce à ce consortium, le projet SUSFISH a pu impliquer différentes parties prenantes afin d'intégrer des perspectives scientifiques, politiques et pratiques. Des méthodologies interdisciplinaires et multidisciplinaires visant à évaluer et à analyser les aspects écologiques, sociaux et économiques pour la bonne gestion des ressources en eau et en poisson ont également été incluses et appliquées avec succès. Les résultats de cette initiative ont été publiés sous forme de documents politiques, de rapports techniques et d'articles scientifiques, et ont fait l'objet de discussions au sein des communautés locales et de recherche. Ils ont également été intégrés dans les programmes d'études des universités et dans la conception des politiques de l'eau et de la pêche du Burkina Faso. Le projet SUSFISH est donc un bon modèle pour l'adoption de la recherche et l'utilisation des résultats scientifiques pour soutenir l'institutionnalisation durable des réalisations par les institutions participantes. Il est également possible d'améliorer et d'étendre ces résultats grâce à la plateforme d'innovation établie. Parmi ces acquis, un exemple de recherche appliquée est l'échange entre les parties prenantes locales dans le secteur de la

pêche et de la gestion de l'eau et les étudiants du programme de master international qui a été établi pendant la durée du projet, où l'apprentissage mutuel est un élément central.

En termes de renforcement des capacités, un objectif important du programme APPEAR, un certain nombre d'étudiants ont été formés en Autriche et au Burkina Faso. Des étudiants de licence, de master et de doctorat ont bénéficié d'un soutien pour leurs études dans des institutions burkinabé, tandis que certains étudiants autrichiens ont également eu l'occasion d'effectuer leur séjour de recherche au Burkina Faso. Deux doctorants, nommés pour une bourse APPEAR dans le cadre du projet, ont déjà terminé leur doctorat à BOKU. Les étudiants, qui sont de retour au Burkina Faso, ont été employés comme enseignants-chercheurs à l'université et travaillent actuellement comme chercheurs au sein du projet SUSFISH pour soutenir ses activités avec leurs compétences et leur expertise. Un boursier de APPEAR est également en train de finaliser sa thèse de doctorat sur "les pratiques de pêche traditionnelles en transition".

Le présent ouvrage est le résultat de l'engagement de nombreux chercheurs, représentants de la communauté, décideurs politiques et étudiants. Il présente les efforts de recherche et les initiatives de renforcement des capacités de ces deux dernières années. Ainsi, il est juste de dire que certaines lacunes scientifiques dans la gestion des ressources en eau et en poisson ont été comblées, contribuant potentiellement à un Burkina Faso plus durable, maintenant et dans le futur.

Version en anglaise

The Austrian Partnership Programme in Higher Education and Research for Development (APPEAR) has been promoting scientific cooperation between universities in Austria and the partner countries of the Austrian Development Cooperation (ADC) for ten years now. The projects supported by APPEAR are selected through a competitive qualification process, with consideration of the five basic principles of the programme, namely a participatory approach; a concept of culturally openminded knowledge; a practically- and empirically oriented approach; gender sensitivity; and lastly a bottom-up and demand-driven approach.

The SUSFISH project is special because it has been successful in two selection processes. It started during the first phase of the APPEAR programme as Academic Partnership (2011-2014) and continued as Advanced Academic Partnership (2016-2020) in the second phase of APPEAR. From the results of the successfully completed APPEAR project, new qualitative objectives were defined, and the scientific collaboration has been continued. Furthermore, the acquired experiences from the first phase could be used to strengthen sustainable research and teaching structures at the involved institutions. In this way, APPEAR supported capacity building and research on sustainable management of water and fish resources in Burkina Faso for more than seven years.

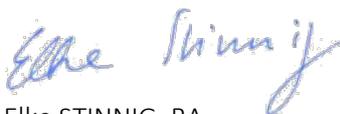
In reality, the cooperation towards the SUSFISH project began much earlier when Dr. Raymond Ouedraogo, the national project coordinator undertook his doctoral studies, also financed by ADC, at the University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Vienna. The idea of the project originated from the results of his doctoral thesis undertaken in collaboration with his academic supervisor Dr. Andreas Melcher in Austria. Upon successful completion of his studies Raymond Ouedraogo resumed his work in Burkina Faso at the Department of Fisheries, Ministry of Environment and Sustainable Development, where he was able to bring on board other important institutions, such as the

Department of Biology of the University of Ouagadougou, the Department of Sociology and the Department of Health of the University of Bobo-Dioulasso and the International Union for Conservation of Nature of West Africa (IUCN).

Through this consortium, the SUSFISH project was able to involve different stakeholders to integrate perspectives from science, politics and practice. Inter- and multidisciplinary methodologies to assess and analyse ecological, social and economic aspects for the proper management of water and fish resources were also included and successfully applied. The findings of this initiative have been published as policy papers, technical reports, and scientific articles, discussed within local and research communities. They have also been integrated into the curricula of universities and into the design of the water and fisheries policies for Burkina Faso. The SUSFISH project is hence a good model for research uptake and the use of scientific findings to support sustainable institutionalization of accomplishments by the participating institutions. There is also the potential to further enhance and upscale these findings through the established innovation platform. Within these achievements, an example of applied research is the exchange between local stakeholders in the fisheries and water management sector and students of the International Master Programme that was established during the project time, where mutual learning is a core element.

In terms of capacity building, an important objective of the APPEAR programme, a number of students have been trained in Austria and Burkina Faso. Bachelor's, Master's and PhD students were supported for studies at Burkinabe institutions while some Austrian students also got the opportunity to complete their research stays in Burkina Faso. Two PhD students, nominated for an APPEAR scholarship within the project, have already completed their doctorate at BOKU. The students, who are back in Burkina Faso, have been employed as lecturers at the university and are presently working as researchers within the SUSFISH project to support its activities with their acquired skills and expertise. One APPEAR scholarship holder is also currently finalising his PhD thesis on "Traditional fisheries practices in transition".

The present book is the result of the commitment of many researchers, community representatives, policymakers and students and showcases the research efforts and capacity building initiatives over the last couple of years. Hence, it is fair enough to say that some scientific gaps in water and fish resources management have been filled, potentially contributing to a more sustainable Burkina Faso, now and in the future.



DI Elke STINNIG, BA

Programme Officer APPEAR

Austrian Agency for International Cooperation in Education and Research (OeAD-GmbH)

Préface

Ce livre est une traduction en français de SusfishBook publié en 2020 en anglais. Il a été traduit dans le but de permettre une meilleure diffusion des informations qu'il contient au niveau national. Cette traduction a été réalisée dans le cadre du projet ProLit.

SusfishBook est le résultat de dix années de recherche-développement sur les pêcheries et les eaux du Burkina Faso. Les travaux ont été réalisés par un consortium de chercheurs et de développeurs s'occupant des poissons au Burkina Faso (Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole, Université Joseph KI-ZERBO, Université Nazi BONI, Union Internationale pour la Conservation de la Nature et Direction Générale des Ressources Halieutiques) et en Autriche (BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna) avec l'aide financière de APPEAR. Ils ont tous travaillé en équipe dans le cadre du projet SUSFISH (Sustainable Management of Water and Fish Resources in Burkina Faso). Les deux (2) phases du projet se sont déroulées de 2011 à 2014 et de 2016 à 2020. Des informations détaillées sur le projet sont disponibles sur www.susfish.boku.ac.at.

En tant que pays aride, le Burkina Faso a mis en œuvre un programme de création de retenues d'eau dans le but de fournir de l'eau aux populations pour tout usage. Ainsi, plus de 1500 plans d'eau sont actuellement utilisés pour l'irrigation, l'élevage, les besoins domestiques, les usages industriels, la production d'électricité et la pêche. Pendant longtemps, la pêche n'a pas été prise en compte dans la planification et l'évaluation de la création des réservoirs. Cependant, de nos jours, la pêche et l'aquaculture sont progressivement incluses dans les objectifs complémentaires du développement des ressources en eau, en particulier pour les réservoirs de grande taille. Par conséquent, et en accord avec les politiques nationales de développement, l'objectif du projet SUSFISH a été de renforcer les capacités de gestion de la pêche, en fournissant des informations fiables et en renforçant les ressources humaines.

La présente publication reflète le travail qui se poursuit dans le cadre de la coopération entre l'Autriche et le Burkina Faso qui a débuté vers les années 1960 avec un programme de formation professionnelle pour les jeunes Burkinabè. Cependant, dans le projet SUSFISH, le développement des ressources humaines visait principalement l'enseignement supérieur en améliorant les programmes d'études dans les domaines de l'eau et de la pêche, et en contribuant à l'encadrement des études et des recherches des étudiants au Burkina Faso et en Autriche.

L'engagement des membres du projet à travailler ensemble et à s'attaquer à des problèmes réels dans le secteur de la pêche a permis d'obtenir des résultats intéressants couvrant les facettes des sciences naturelles, politiques et humaines liées à la pêche et aux écosystèmes aquatiques burkinabè. Cette recherche comprenait une évaluation systémique de la façon dont les liens et les interactions au sein et entre ces facettes affectaient les pêcheries burkinabè, y compris les menaces sur les écosystèmes aquatiques burkinabè, les changements climatiques, les poissons et les macroinvertébrés benthiques, et les aspects socio-économiques. Ce livre n'a pas la prétention de donner une description complète de la pêche et de l'eau au Burkina Faso. Néanmoins, il donne un aperçu et une stimulation pour le développement et la recherche dans ce domaine, donnant ainsi une compréhension du développement socio-économique des eaux intérieures africaines.

Le livre se termine par des recommandations pour guider le développement de la science et de la politique pour un meilleur avenir de la pêche. Ce résumé critique découle de la nouvelle tendance

politique à avoir une vision à long terme du développement des ressources halieutiques, comme le montre l'actuelle stratégie nationale de la pêche.

A. Melcher *Raymond*

Andreas H. MELCHER et Raymond OUEDRAOGO

Coordonnateurs et rédacteurs généraux de SUSFISH



Réunion des rédacteurs 2019, Ouagadougou (de gauche à droite : Patrice TOE, Andreas MELCHER, Gabriele SLEZAK, Adama OUEDA et Raymond OUEDRAOGO) ©Elke Stinnig

Chapitre 1 : Résumé et but des projets SUSFISH

Les projets de recherche « Gestion durable de la pêche et de l'eau au Burkina Faso » (SUSFISH et SUSFISH-plus) avaient pour but de produire des connaissances scientifiques fiables. Ces connaissances peuvent être utilisées pour contribuer à l'amélioration des politiques, de la gestion, de la recherche et de l'éducation, afin de rendre la pêche plus durable au Burkina Faso. Les thèmes de recherche qui sont abordés comprennent l'écologie des écosystèmes aquatiques, les politiques et la socio-économie des pêches et couvre l'ensemble du territoire national. En produisant et en institutionnalisant les connaissances sur les écosystèmes aquatiques, l'eau et la gestion des pêches, le projet SUSFISH contribue à renforcer les capacités des pêcheries locales afin d'aider à sécuriser la production alimentaire, la nutrition et le développement du Burkina Faso. Le projet s'est déroulé en deux phases : SUSFISH (2011-2014) et SUSFISH-plus (2016-2020). SUSFISH est un projet regroupant des universités, des centres de recherche et d'autres organisations gouvernementales et non gouvernementales ainsi que des populations locales de l'Autriche et du Burkina Faso. Il est financé par l'Agence Autrichienne de Développement (ADA) et mis en œuvre par l'OeAD (Agence autrichienne pour la coopération internationale dans l'éducation et la recherche) à travers le Programme APPEAR.

Les principaux partenaires du projet sont :

- » BOKU - Université des Ressources Naturelles et des Sciences de la Vie, Vienne ;
 - IHG - Institut d'Hydrobiologie et de Gestion des Ecosystèmes Aquatiques ;
 - IDR - Institut de Recherche pour le Développement ;
- » Université de Vienne - Département d'Etudes Africaines ;
- » UJKZ - Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales (LBEA) ;
- » UNB - Université Nazi BONI, Institut du Développement Rural (IDR), Laboratoire d'Etudes Rurales sur l'Environnement et le Développement Economique et Social (LERE/DES)
- » CNRST/INERA – Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
- » UICN – Programme de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature, bureau Burkina Faso
- » GDFR - Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, Direction Générale des Ressources Halieutiques
- » IIASA - Institut International d'Analyse des Systèmes Appliqués, Programme sur les Risques et la Résilience (RISK).

Grâce à SUSFISH, des méthodes et des outils ont été développés pour une évaluation standardisée de l'état de santé des écosystèmes aquatiques, ainsi que des outils pour mesurer les impacts environnementaux sur la communauté riveraine. L'objectif du projet SUSFISH-plus était de partager des informations entre les experts et les parties prenantes de la pêche et de la gestion de l'eau en établissant une plateforme d'innovation et en développant un programme intégré d'éducation et de recherche. Le processus de recherche participative de SUSFISH-plus a permis à des experts universitaires d'explorer avec des acteurs non universitaires la manière dont ils pourraient contribuer à l'amélioration de la gestion de l'eau et comment les interactions entre les facteurs biophysiques et sociaux peuvent influencer le potentiel d'un bassin fluvial pour le développement durable.

Summary and Aim of SUSFISH Projects

The research projects Sustainable Management of Water and Fish Resources (SUSFISH and SUSFISH+) aim to produce reliable knowledge which can be used to help improve policies, management, research and education to make fisheries more sustainable in Burkina Faso. The research topics include ecology, policies and socio-economy in fisheries, covering the entire national territory. By producing and institutionalizing knowledge about aquatic ecosystems and water and fisheries management, SUSFISH is helping to build local fisheries' capacities to help secure food production, nutrition and development in Burkina Faso. The Project took place in two phases; SUSFISH (2011-2014) and SUSFISHplus (2016-2019). SUSFISH was designed as a partnership between academic, governmental and local organisations in Austria and Burkina Faso. The project is funded through the APPEAR Programm (Austrian Partnership Programme in Higher Education and Research for Development) from the Austrian Development Agency (ADA) and implemented by the OeAD (Austrian Agency for International Cooperation in Education and Research).

The leading partners cooperating in this Project are :

- » • BOKU – University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna
 - IHG – Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management
 - IDR – Institute for Development Research
- » • University of Vienna – Department of African Studies
- » • UJKZ – Université Joseph Ki-Zerbo (UJKZ), Ouagadougou, Laboratory of Animal Ecology and Biology
- » • UNB – Université Nazi BONI, Rural Development Institute (IDR) • INERA – Ministry of Research, Institute for Environmental and Agricultural Research
- » • IUCN – International Union for Conservation of Nature, Burkina Faso Office • GDFR – Ministry of Animal and Fish Resources, General Directorate for Fish Resources
- » • IIASA – International Institute of Applied Systems Analysis, Risk and Resilience Program (RISK).

As a result of SUSFISH, methods and tools have been developed for standardized assessment of water and river network health as well as tools to measure environmental impacts on riverside society. The focus of the preceding project, SUSFISHplus was based on information sharing between experts and stakeholders of fisheries and water management by establishing an innovation platform and developing an integrated education and research program. The SUSFISH+ participatory research process allowed academic experts to explore with non-academic stakeholders from government, NGOs and business how interactions between biophysical and social factors may influence a river basin's potential for sustainable development.

Chapitre 2 : Introduction

L'Homme impacte l'environnement et les écosystèmes aquatiques plus que toute autre espèce (Vitousek et *al.*, 1997), comme en témoignent les implantations humaines historiques à proximité des cours et plans d'eau (Baron et *al.*, 2002). Alors que la conscience écologique s'accroît dans le monde, nous sommes souvent enclins à jeter un regard rétrospectif sur l'impact de l'Homme sur la nature. Comme de nombreux autres pays, le Burkina Faso a maintenu un instinct productiviste pendant des décennies avant de se rendre compte que la protection de l'environnement devait être prise en compte dans toute activité de développement. En réponse aux menaces de pénurie chronique d'eau, intensifiées par des épisodes de sécheresse sévère et la rareté des cours d'eau permanents, des centaines de retenues d'eau ont été construites au Burkina Faso depuis 1950. La croissance exponentielle du nombre de retenues d'eau a permis une augmentation de la surface d'eau disponible. Cela a eu comme corollaire l'expansion de la pratique de l'agriculture irriguée, une augmentation de l'offre en eau en quantité et en qualité ainsi que l'augmentation de la production et de la consommation de poisson. Ces avantages se sont également accompagnés d'une augmentation de la pression sur les écosystèmes aquatiques artificiels ; ce qui menace la santé à long terme de ces plans d'eau et des êtres vivants qui en dépendent. Avec une faible valeur de l'Indice de Développement Humain, le Burkina Faso a urgemment besoin de solutions pour un développement durable. Face aux contraintes naturelles (exemple : le manque chronique d'eau et les épisodes de sécheresse grave) et socio-économiques (exemple : l'extrême pauvreté), la gestion durable de l'eau et de la pêche est au cœur des politiques et stratégies de développement national.

Les décisions sur la manière de mettre en œuvre des pratiques de gestion durable pour mieux atteindre les objectifs de développement durable nécessitent des moyens de suivi et de mesure des progrès des indicateurs socio-économiques et environnementaux, ainsi que des moyens politiques et financiers.

Les résultats de SUSFISH et SUSFISH-plus ont dégagé ces moyens sous la forme de méthodes et d'outils pour l'évaluation standardisée de la santé des écosystèmes aquatiques, ainsi qu'une analyse des impacts environnementaux influençant les populations riveraines. Ces moyens s'inscrivent dans une approche scientifique qui fournit un retour d'information entre les impacts des pratiques sur le terrain et l'élaboration des politiques afin de garantir la protection à long terme des ressources aquatiques tout en garantissant un bien-être social. En mettant l'accent sur le renforcement des capacités, les projets SUSFISH visaient à fournir des données et des informations fiables sur les écosystèmes aquatiques et sur le bien-être des communautés vivantes qui y sont associées. Ils ont aussi créé une base pour l'échange et la coopération entre les parties prenantes impliquées.

Ce livre est un résumé des résultats sélectionnés dans les deux projets SUSFISH et SUSFISH-plus. Il s'agit d'une introduction aux diverses questions et conclusions des membres de l'équipe SUSFISH. Les sujets abordés vont de la tradition, de l'histoire et du développement de la pêche au Burkina Faso, à l'utilisation de bio-

indicateurs pour l'évaluation des écosystèmes aquatiques, en passant par une introduction à la méthodologie de suivi et d'évaluation de la diversité des espèces aquatiques, le genre, la gouvernance et la chaîne de valeur du poisson. Le tout est placé dans un contexte environnemental et socio-économique caractérisé par l'impact des changements climatiques et des autres pressions exercées par l'Homme sur les écosystèmes aquatiques. En guise de conclusion, la recherche en aquaculture et les recommandations politiques suggèrent une voie à suivre pour une gestion durable de la pêche et de l'eau.

En tant que compilation des résultats des projets SUSFISH et SUSFISH-plus, les sections présentées dans ce livre s'appuient sur les travaux réalisés dans les mémoires de master et les thèses de doctorat des étudiants, ainsi que sur les rapports et les réflexions au sein des projets SUSFISH.

2.1. Histoire et tradition de la pêche au Burkina Faso

Vincent-Paul Sanon, Patrice Toé, Laura Hundscheid et Raymond Ouédraogo

La pêche est une pratique immémoriale. Avec la chasse et la cueillette, elle a été pendant plusieurs millénaires la source de nourriture des premiers Hommes (Ki-Zerbo, 1978 ; Verdeaux, 1992). Les descendants récents des cichlidés tilapias et poissons-chats de la Tanzanie sont apparus avec *Homo habilis* et plus tard *Homo erectus* il y a plus de 500 000 ans en Afrique de l'Est. Les murs et les peintures rupestres fournissent également des preuves de l'interaction entre les Hommes et les poissons il y a environ 40 000 ans et montrent que les poissons étaient utilisés comme nourriture et pour des rituels (Gartside, 2009). Avec l'évolution de *Homo sapiens* au Paléolithique supérieur, la pêche avec des outils ou en tant qu'activité communautaire est apparue entre 40 000 et 10 000 ans avant J.-C. Les lances, les filets et les cannes à pêche sont apparus vers 3500 avant J.-C. en Égypte (Gartside, 2009). Selon Couty (1989), les recherches sur les aspects sociaux et économiques de la pêche et du commerce du poisson en Afrique francophone remontent à la période coloniale, du moins dans le bassin du Tchad. Dès 1925, un plan de recherche soumis à l'administration coloniale au Cameroun, prévoyait d'abord des enquêtes systématiques sur les poissons et la faune aquatique, mais aussi un examen des méthodes de pêche traditionnelle, ensuite, une étude sur les principaux centres de pêche et les "races de pêcheurs", enfin une étude économique sur la consommation de poisson, les mesures à préconiser pour intensifier la pêche et les possibilités d'exploitation de la faune par le pays colonisateur. Cependant, le développement de la pêche en tant qu'activité commerciale au Burkina Faso n'étant que récent, l'histoire du développement de la pêche n'a été que très peu étudiée. Il en résulte un manque de connaissances sur les différentes méthodes de pêche dans le pays et les différentes étapes du développement de la pêche commerciale, ainsi que les changements institutionnels pertinents. Ce chapitre résume certaines phases importantes du développement de la pêche au Burkina Faso, en se basant sur la littérature et notre recherche sur la gouvernance de la pêche dans le cadre du projet SUSFISH.

Gestion traditionnelle de la pêche et de l'eau

Plusieurs auteurs affirment qu'il n'existe pas de véritable « tradition de pêche » au Burkina Faso (Blin, 1977 ; Breuil, 1995 ; Toé, 1999 ; Béné, 2007). Cette affirmation repose sur l'argument selon lequel, contrairement

à d'autres régions comme le delta central du Niger, aucune ethnie ne s'est spécialisée dans la pêche. Ceci est principalement dû au fait que le Burkina Faso ne possédait pas de plans d'eau stagnante de taille ou de profondeur suffisante pour soutenir des activités de pêche professionnelle (Kassibo, 2000 ; Béné, 2007). Ainsi, jusqu'à la fin des années 1950, le Burkina Faso comptait peu de pêcheurs professionnels (Zerbo et al., 2002 ; Béné, 2007). Cependant, dans le passé précolonial, de nombreuses communautés locales ont développé des pratiques et des techniques de pêche sur les rivières et les petits cours d'eau. L'activité de pêche était essentiellement coutumière et avait lieu une fois par an, lorsque les cours d'eau étaient en étiage donc juste avant le début de la saison des pluies. La pêche était collective et se faisait avec des outils rudimentaires tels que des couteaux, des pièges et des paniers (Baijot et al., 1994 ; Jacob, 2003 ; Jacob 2007).

Dans cette forme de gestion, les institutions traditionnelles de gouvernance supervisaient l'accès aux ressources, leur exploitation et leur durabilité. Cela implique à la fois des rituels et des interdictions inscrits dans les croyances mais aussi la hiérarchie de l'autorité qui dirigeait ces rituels pour faire respecter ces croyances et renforcer l'ordre social. Dans la partie occidentale du Burkina Faso, le rôle de "Kotigi", c'est-à-dire la personne responsable de l'eau, consiste à diriger les rituels liés à l'eau chaque année. Les offrandes faites aux esprits de l'eau visent à répandre le bonheur pour tout le village, la protection des usagers contre les accidents de l'eau et l'abondance de poissons (Toé & Sanon, 2015). En effet, les esprits de l'eau ont des exigences et des interdictions que la société doit respecter. D'une part, lorsque leur volonté n'est pas respectée, ils provoquent des malheurs, tels qu'empêcher la remontée des poissons pour nourrir les humains ou retenir la pluie et assécher les étangs. D'autre part, lorsque les esprits sont apaisés, ils peuvent être une source de bonheur.

Le Kotigi, en enjoignant à l'ensemble de la communauté de reconnaître et d'apaiser les esprits de l'eau, protège les rivières et assure le respect des règles concernant les rivières.

Enfin, il donne l'autorisation et les instructions sur comment et quand réaliser la pêche collective. La pêche coutumière était précédée par des sacrifices effectués sous la direction des chefs de village ou des chefs de terre (Tengsoba en Mooré, Kotigi en Dioula) à qui revenait une partie du poisson collecté.

Développement de la pêche commerciale et de l'aquaculture

En 1950, le département des eaux et forêts de l'administration coloniale nationale a opté pour le développement de la pêche. Il s'agit de faire appel à des pêcheurs professionnels maliens et ghanéens, dits "bozo" et "ashanti" respectivement, pour former des volontaires autochtones aux nouvelles techniques de pêche. Les pêcheurs étrangers opéraient sur la Volta noire et allaient jusqu'à Douroula, notamment au confluent avec le Sourou. Ils ont introduit les pirogues, les filets et les palangres (Traoré et al., 1994).

L'administration coloniale a également contribué à l'introduction de la pisciculture au Burkina Faso. En 1956, le Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) et le clergé ont créé le centre de Bérégadougou. Cette station a mené des recherches sur le *Coptodon zillii* (en son temps appelé *Tilapia zillii*) et a produit des alevins pour

la production de poissons dans les fermes villageoises. Cependant, après l'indépendance du Burkina Faso en 1960, la station piscicole a été abandonnée (Bouda, 2002).

En 1980, le "Projet d'aquaculture de Banfora", financé par la Caisse Centrale de Coopération Agricole (CCCA), a utilisé les installations mises à disposition par l'église catholique. Le succès de ce projet a constitué le premier exemple viable de pisciculture intensive au Burkina Faso. Avec une production estimée à 400 tonnes par an, elle approvisionnait les grands centres urbains de Ouagadougou, Bobo-Dioulasso et Banfora en poissons de bonne qualité. Cependant, le projet a pris fin en 1985 en raison de problèmes politiques, techniques et financiers (Kabré, *et al.*, 2014). De nombreuses expériences se sont succédées, par exemple le projet de valorisation du potentiel halieutique, le projet de gestion de la pêche dans le Sud-Ouest pour promouvoir la pisciculture, le projet de pisciculture de Bagré et la création du complexe aquacole de Ziga.

La construction de réservoirs a permis de multiplier par 15 les débarquements de poissons depuis 1950, employant plus de 30 000 pêcheurs et plusieurs milliers de femmes pour la transformation et la vente du poisson (Ouédraogo, 2010). En effet, 2 300 commerçants de poisson frais, 3 000 commerçants de produits transformés (fumés ou séchés) et 3 000 femmes transformatrices de produits halieutiques apportent une valeur ajoutée au poisson pêché (MIR, 2018). En amont de ces activités se situent les fournisseurs d'équipements de pêche, les charpentiers qui fabriquent les pirogues et les producteurs de glace pour la conservation du poisson frais.

On estime qu'au Burkina Faso, la pêche peut produire entre 12 000 et 20 000 tonnes de poissons par an, selon l'intensité de la gestion qui est faite (par exemple, l'empoissonnement) (MIR, 2018). Les populations du Burkina Faso ont traditionnellement exploité les autres ressources alimentaires aquatiques animales (Moules, Crevettes, etc.) et végétales (nénuphar) alors que l'étude de la valorisation de celles-ci n'a commencé que ces dernières années.

La production et les importations nationales de poissons ont augmenté de manière quasi continue depuis 1998 (Figure 1) alors que l'aquaculture ne constitue que moins de 1% (Figure 2). Ainsi, les pêcheurs du Burkina Faso ont produit 800 tonnes en 1950, 8 500 tonnes en 2000, 15 740 tonnes en 2010 et 20 700 tonnes en 2014. De 2012 à 2016, le Burkina Faso a produit en moyenne 20 884 tonnes de poisson par an. Il convient de noter que la croissance de la production de poissons de capture est presque exclusivement associée à la création de nouveaux réservoirs. De plus, la mise en œuvre de plusieurs projets de développement de la pêche a contribué à la formation et à l'incitation des personnes à s'engager dans la pêche. Par exemple, de 1956 à 1993, environ 12 grands projets consacrés à la pêche de capture et à l'aquaculture ont été mis en œuvre au Burkina Faso (Bouda, 2002). La combinaison de ces facteurs a entraîné une augmentation de la production de poisson de moins de 800 tonnes en 1950 à plus de 30 000 tonnes par an aujourd'hui.

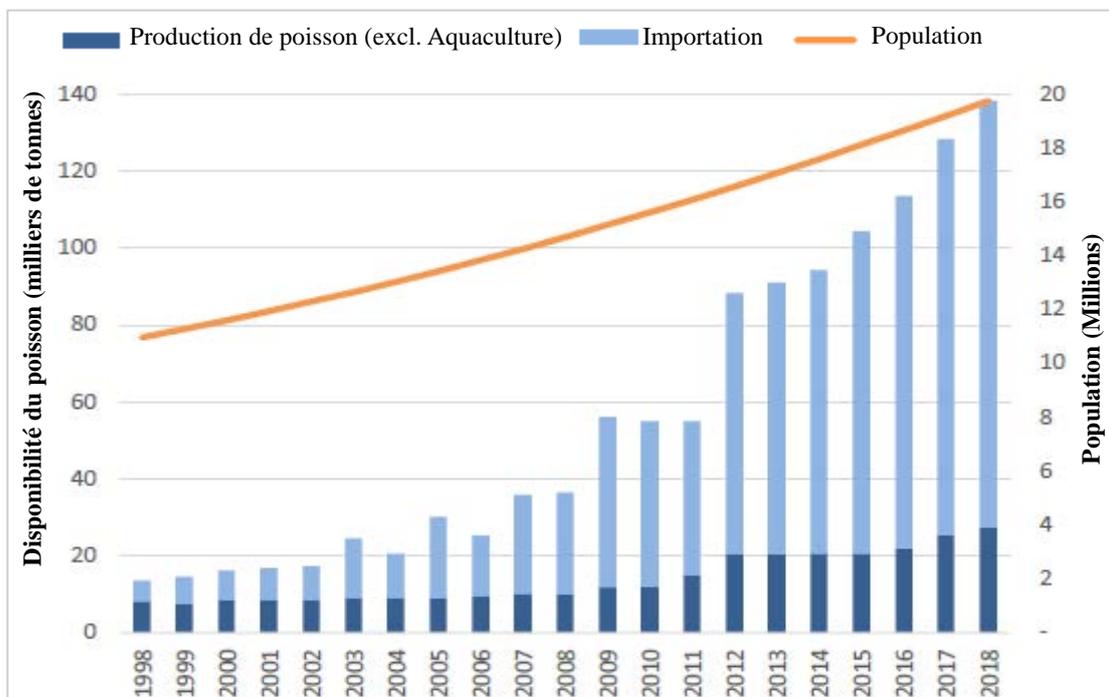


Figure 1 : Production et importation de poisson (MIR, 2018) et croissance de la population du Burkina Faso (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019)

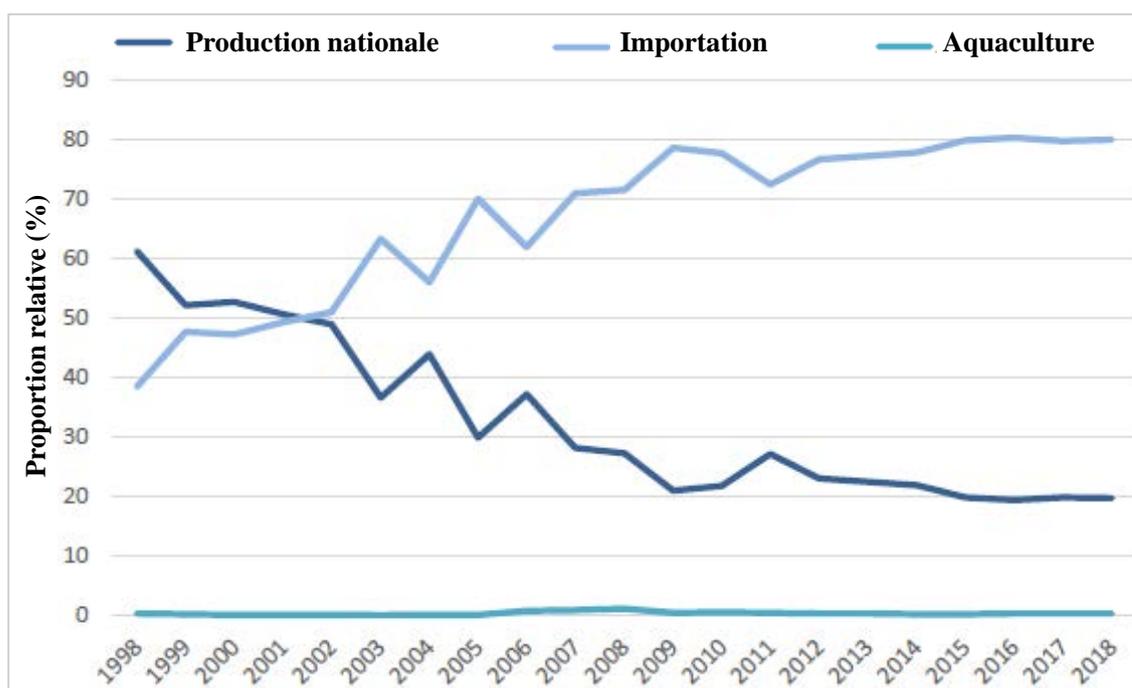


Figure 2 : Proportion relative de la production de poisson, des importations et de la production aquacole totale (MIR, 2018)

L'aquaculture peine à se développer mais des efforts substantiels sont faits par l'État et ses partenaires de développement. Des objectifs et des stratégies nationales ont été définis dans le Plan National d'Adaptation ainsi que dans la Stratégie Nationale de Développement Durable de la Pêche et de l'Aquaculture à l'Horizon 2025. Une discussion sur l'histoire, le développement et le potentiel de l'aquaculture est présentée au chapitre 9.

Les espèces telles que *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon galilaeus*, *Clarias sp.*, *Schilbe sp.* etc. sont les plus abondantes et les plus exploitées (voir chapitre 7 : Échantillonnage des poissons). En plus de la consommation humaine, certaines espèces de poissons sont utilisées dans le traitement traditionnel des maladies. C'est le cas de *Gymnarchus niloticus* et *Lates niloticus* (Janin, 2016), *Schilbe sp.* et *Malapterurus electricus* et bien d'autres. A titre d'exemples, *Protopterus annectens* est utilisé pour le traitement des lombalgies ; les os de la colonne vertébrale de *Gymnarchus niloticus* sont utilisés dans le traitement des maladies articulaires des enfants (rhumatismes) (Coulibaly, 2003). En 2016, le Burkina Faso a produit au total 20 300 tonnes de poissons, 20 000 tonnes issues de la pêche de capture et 300 tonnes produites par l'aquaculture. La production nationale ne répondant pas à la demande, le pays importe de grandes quantités de poisson : 80% des 110 000 tonnes de produits halieutiques consommés sont importées (MIR, 2018). Les statistiques indiquent que le Burkina Faso exporte du poisson, mais il s'agit généralement d'une réexportation de poisson importé.

Recherche sur la pêche

La période coloniale a marqué un tournant dans l'histoire du développement de la pêche au Burkina Faso. Elle a été le point de départ de la recherche halieutique et de l'orientation des activités vers une pêche commerciale. En effet, des travaux hydrologiques, hydrobiologiques et ichtyologiques ont été réalisés pendant la période coloniale (Bouda, 2002). Des avancées majeures ont été réalisées de 1959 à 1964 grâce aux recherches ichtyologiques du Dr Benigno Roman.

En plus de sa publication ichtyologique en 1964, il a publié une "Note sur l'écologie des formes naines de poissons de la Volta et de la Haute-Comoé", qui a été l'une des premières publications sur l'écologie des poissons au Burkina Faso. A cela s'ajoutent les suivis piscicoles et halieutiques réalisés par le Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) entre 1963 et 1967 pour l'aménagement de retenues artificielles et les recherches de Daget sur les poissons d'Afrique de l'Ouest (Bouda, 2002 et Paugy et *al.*, 2011).

La recherche halieutique s'est poursuivie avec un champ diversifié, notamment à travers le Centre National de la Recherche Scientifique et Technique (CNRST), les universités, les écoles et instituts nationaux et étrangers, mais aussi les nombreux projets impliqués dans le domaine de la recherche halieutique. Cependant, ces recherches se sont principalement concentrées sur les aspects biologiques tandis que les aspects socio-anthropologiques ont rarement été étudiés (Toé, 1999 ; Bouda, 2002).

Changements et nomadisme institutionnels

Sous l'administration coloniale, les gardes forestiers ont supervisé le contrôle et la surveillance de la pêche sur la base d'un décret publié le 4 juillet 1935 (Bouda, 2002). Cependant, c'est en septembre 1976 que la Direction des Pêches et de la Pisciculture (DPP) a été créée au sein du Ministère de l'Environnement et du Tourisme pour promouvoir les activités du secteur de la pêche. Grâce à un financement de la Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) et Misereor, de 1979 à 1982, elle a créé 28 centres communautaires de pêcheurs

sur les pêcheries de Loumbila, Tapoa, Petit Balé, Nagbangré, Bazèga et Dakari, qui ont bénéficié des dons des filets et des pirogues (Traoré et *al.*, 1994). Au fil du temps, le département en charge de la pêche a été transféré entre plusieurs ministères (tableau 1).

Tableau 1 : Changements opérés au niveau du Ministère en charge de la pêche de 1960 à 2019 (Source : MRAH & MIR, 2018)

Ministère	Périodes
Ministère du Développement Rural	1960 – 1976
Ministère de l'Environnement	1976 – 2002
Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Piscicoles	2002 – 2011
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable	2011 – 2012
Ministère des Ressources Animales et Halieutiques	2013 - 2019

Jusqu'en 1981, date à laquelle la première réglementation nationale a été introduite, seule la taille minimale des mailles des outils de pêche était fixée (Baijot et *al.*, 1994). En 1981, une ordonnance relative à l'organisation et à la réglementation de la pêche (Président de la Haute Volta, 1981) a été adoptée. Son décret d'application à la même date, consacre les eaux comme une propriété de l'Etat, définit les différentes modalités d'attribution des permis de pêche, édicte des mesures de protection des ressources halieutiques, règlemente la pratique de la pêche et prévoit des mesures coercitives en cas d'infraction. Ce décret interdit l'utilisation de tout engin de pêche de maille inférieure à 30 mm et l'utilisation d'une ligne d'hameçons non appâtés. Le permis a été introduit comme condition préalable à la pratique de la pêche commerciale.

Le Code forestier révisé en 2011 (Assemblée des Députés du Peuple, 1997b ; Assemblée Nationale, 2011), est actuellement la législation de base qui régit les activités de pêche et d'aquaculture et fixe les principes fondamentaux pour la conservation, le développement et la gestion des ressources halieutiques. Cependant, d'autres instruments juridiques et des directives internationales influencent la gestion des ressources aquatiques parmi lesquels nous pouvons citer : La Constitution du 2 juin 1991, le Code de l'Environnement, la Réorganisation Agraire et Foncière (RAF), la Loi d'Orientation sur la Gestion de l'Eau, le Code de Conduite pour une Pêche Responsable (CCPR).

Les réglementations de pêche sont également basées sur des stratégies, des politiques et des plans qui ont évolué au fil du temps. En 1977, le plan de développement de la pêche et de l'aquaculture en Haute-Volta a été élaboré par la direction nouvellement créée. Dans le cadre de la Stratégie régionale de développement de la pêche au Sahel, ce plan visait le développement institutionnel, notamment le renforcement de la DPP, le développement des compétences de la population, la recherche des potentialités, puis le développement de la pisciculture. A partir de 2003, la stratégie et les programmes prioritaires pour le développement des ressources halieutiques ont été élaborés et mis en œuvre. Actuellement, les objectifs du secteur de la pêche et de l'aquaculture sont régis par :

- ✓ La politique nationale de la pêche et de l'aquaculture (PNPA) adoptée en décembre 2013 ;

- ✓ La Stratégie Nationale de la Pêche et de l'Aquaculture à l'horizon 2025 (SNDDPA - 2025), également adoptée en décembre 2013 ;
- ✓ Le Plan national de développement économique et social (PNDES), qui couvre la période de 2016 à 2020.

Ce chapitre sur l'histoire de la pêche au Burkina Faso est loin d'être exhaustif. Cependant, il met en évidence des phases historiquement importantes dans les transformations profondes subies par le secteur de la pêche et ouvre des portes pour des investigations approfondies sur les leviers et les facteurs de changement.

Les groupes sociaux du Burkina Faso ont connu et développé des pratiques de pêche à des degrés divers. Cependant, la pêche communautaire n'était généralement qu'une activité de subsistance occasionnelle et sa gestion était étroitement liée à l'accès aux autres ressources naturelles telles que l'eau et la terre. Les techniques et les outils utilisés étaient relativement rudimentaires.

Les transformations fondamentales de ce système socio-écologique ont commencé pendant la période coloniale, dans les années 1950, lorsque la dimension économique de la pêche a été prise en compte. Un secteur de la pêche économiquement efficace a émergé avec le développement de sous-ensembles, de la réglementation, de la recherche scientifique, de la formation et de l'aquaculture.

Les instruments juridiques ont été renforcés et multipliés au fil des années. De même, les techniques de pêche ont été améliorées. Cela a renforcé les institutions républicaines au détriment des institutions traditionnelles de gestion des pêches et des techniques de pêche au point que souvent seuls leurs vestiges permettent de les reconstituer. Cependant, les contraintes liées à la mise en œuvre et à l'application de la législation de gestion affectent considérablement les progrès du secteur.

2.2. Géographie du Burkina Faso

Jaime Caballer Revenga, Florian Borgwardt, Julie Pailligue, Komandan Mano et Paul Meulenbroek

Le Burkina Faso est un pays sub-sahélien situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, entre 9° 20' et 15° de latitude nord et 5° 30' de longitude ouest et 2° 30' de longitude est. Il a une superficie de 274 200 km² et une population estimée à 20,5 millions d'habitants en 2019 (UNDP, 2018). Bien qu'enclavé, le pays reste étroitement relié au golfe de Guinée par le grand fleuve Volta dont le bassin supérieur occupe la moitié de sa superficie. Il partage ses frontières avec six pays : le Mali au nord et au nord-ouest, la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Togo au sud, le Bénin au sud-est et le Niger à l'est et au nord-est (figure 3).



Figure 3 : Situation géographique du Burkina Faso en Afrique de l'Ouest

Le Burkina Faso a un climat de type soudano-sahélien caractérisé par deux saisons (saison sèche et saison des pluies ou hivernage). Le rythme des saisons est déterminé par le Front Intertropical (FIT). Trois grandes zones climatiques (figure 4) caractérisent le climat du Burkina Faso. On a la zone sahélienne au-dessus du parallèle 14° N qui couvre environ 25% du territoire avec des précipitations annuelles moyennes comprises entre 300 et 600 mm (la saison des pluies durant parfois moins de 2 mois par an). La zone soudano-sahélienne située entre les parallèles 11° 30' et 14° N couvre environ 50% du territoire avec des précipitations comprises entre 600 et 900 mm (3 à 4 mois de saison des pluies par an). Enfin, la zone soudanienne située au sud du parallèle 11° 30' N au sud-ouest du Burkina Faso et couvrant environ 25% du territoire avec des précipitations comprises entre 900 et 1200 mm (4 à 6 mois de pluie par an) (Tableau 2) (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 2007).

Les sols du Burkina Faso sont caractérisés par leur pauvreté physico-chimique avec une faible teneur en argile et en matière organique et une très faible capacité de rétention d'eau conduisant à la formation de croûtes et l'augmentation du ruissellement de surface (Rajot et *al.*, 2005). Leur dégradation est accélérée par l'érosion éolienne, les feux de brousse et les pratiques agro-pastorales (agriculture intensive, surpâturage, etc.) selon Doso (2014).

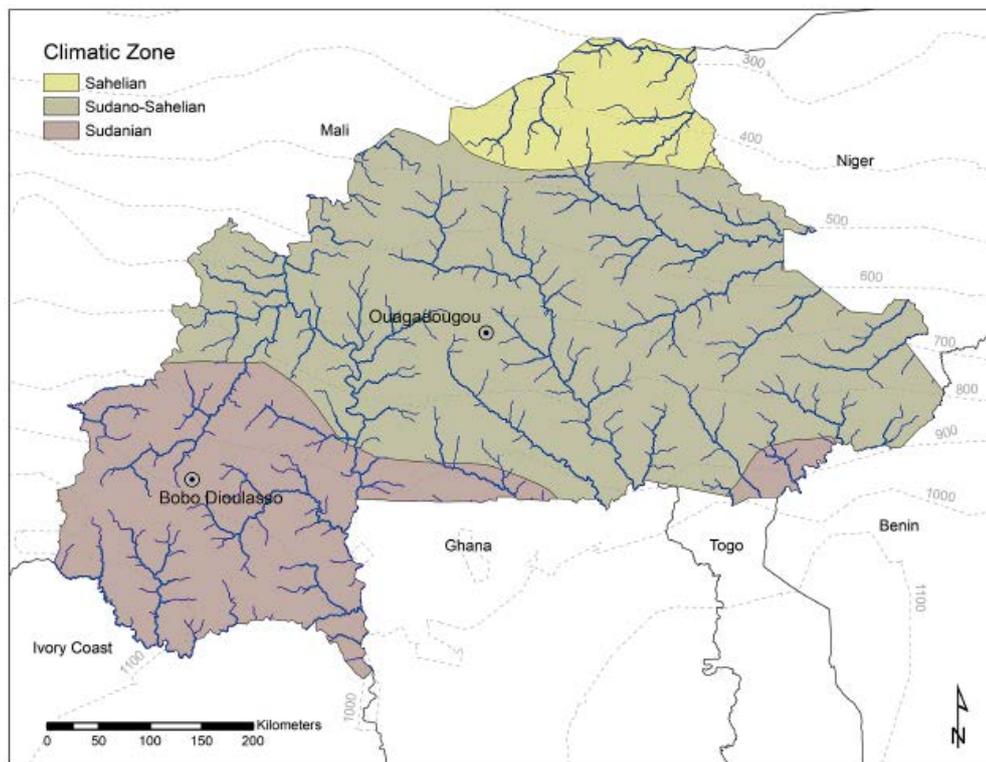


Figure 4 : Zones climatiques et isohyètes du Burkina Faso

Tableau 2 : Caractéristiques des zones climatiques du Burkina Faso (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 2007) traduit et adapté par Julie Pailligou (2019)

Caractéristiques des zones climatiques	Zones climatiques		
	Sahélienne	Nord soudanienne	Sud soudanienne
Situation géographique	Nord	Centre	Sud-ouest
Latitude	13°5'-15°3'	11°3'-13°5'	9°3'-11°3'
Moyennes des précipitations annuelles	< 600 mm	600 – 900 mm	> 900 mm
Durée de la saison pluvieuse	2 à 3 mois	3 à 4 mois	5 à 6 mois
Mois de la saison pluvieuse	Juin – début juillet	Mai - juin	Fin mars- début avril
Température moyenne annuelle	29°C	28°C	27°C
Evapotranspiration annuelle	3200 – 3500 mm	2600 – 2 900 mm	1800 – 2000 mm

2.3. Les ressources hydriques du Burkina Faso

Raymond Ouédraogo, Adama Ouéda, Jaime Caballer Revenga, Florian Borgwardt, Andreas Melcher, Tristan Maurer et Soupaphone Soudachan

Situé à l'intérieur de trois grands bassins hydrographiques internationaux (Niger, Volta et Comoé), sans qu'aucun cours d'eau majeur ne pénètre dans le pays, l'hydrologie du Burkina Faso est très sensible aux changements et à l'évolution de l'environnement. C'est une hydrologie qui est étroitement dépendante des précipitations saisonnières. Les précipitations et l'évaporation sont les principaux facteurs qui déterminent le volume et la dynamique des eaux de surface et aussi la reconstitution des aquifères souterrains (Koussoube et *al.*, 2018).

Cours d'eau du Burkina Faso

Quatre grands bassins nationaux alimentent le réseau hydrographique du Burkina Faso (Figure 5). Le bassin versant de la Volta couvre 63,1% de la superficie du pays et fournit la majorité des eaux de surface et souterraines du Burkina Faso (GIRE-BF, 2001). Trois grands fleuves à savoir le Mouhoun, le Nakanbé et le Nazinon (respectivement Volta Noire, Volta Blanche et Volta Rouge), prennent leurs sources au Burkina Faso et se jettent tous dans le lac Volta au Ghana (Barry et *al.*, 2005).

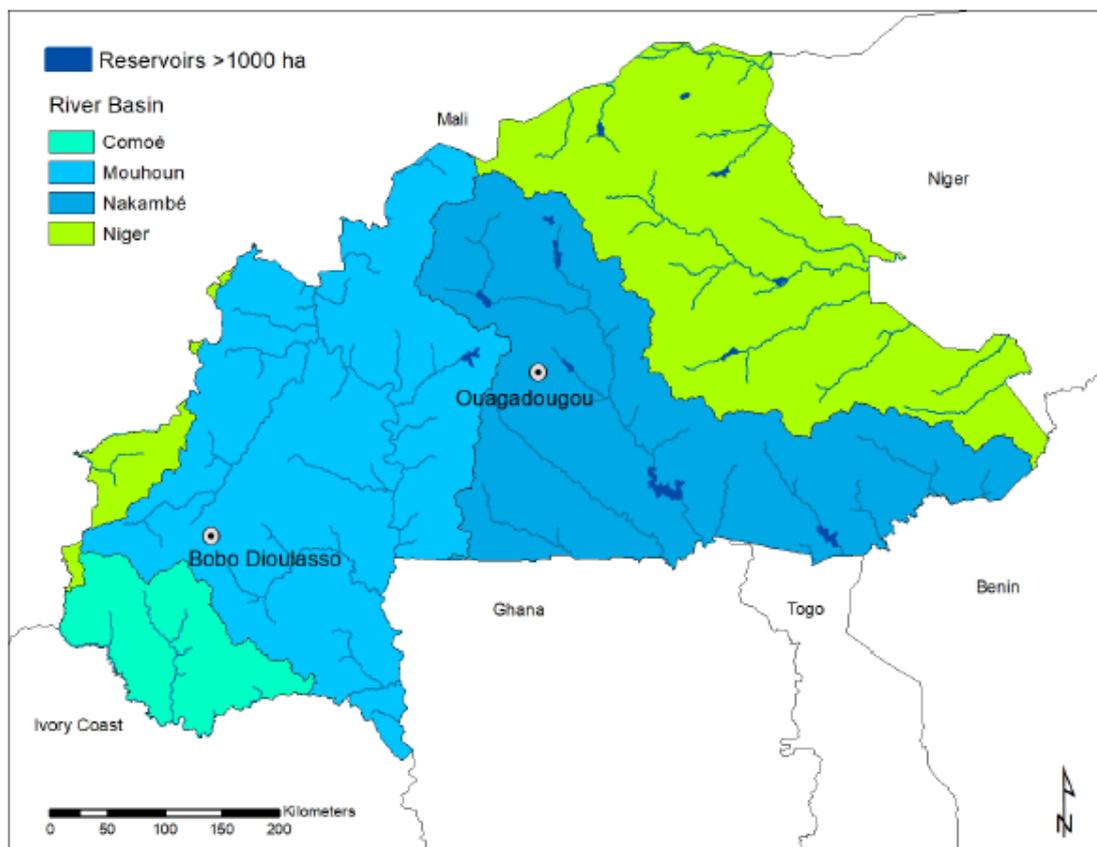


Figure 5 : Rivières bassins (> 1000 ha) du Burkina Faso

- ✓ Le bassin du Nakanbé (ancienne Volta Blanche), d'une superficie de 81 932 km², avec les affluents suivants : la Sissili, le Nazinon, la Pendjari et la Nouhao ;
- ✓ Le bassin du Mouhoun (ancienne Volta Noire) d'une superficie de 91 036 km² drainé par les affluents du Mouhoun (Plandi, Kou, Voun-Hou) et du Sourou.

A cela s'ajoutent les bassins de la Comoé et du Niger.

- ✓ Le bassin de la Comoé (17 590 km²) drainé principalement par la Comoé et ses principaux affluents (Léraba, Kodoum, Baoué et Iringou) ;
- ✓ Le bassin du Niger (83 442 km²) est drainé par les affluents du fleuve Niger (Banfing, Béli, Sirba, Gourouol, Gorondi, Tapoa et Diamango).

Quelques 5 000 km de rivières forment un réseau qui collecte et distribue l'eau qui coule vers les pays voisins : Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Bénin, Togo et Niger (Figure 6). Seuls le Mouhoun et la Comoé sont des cours d'eau pérennes avec de nombreux petits cours d'eau qui s'assèchent pendant la saison sèche (non pérennes).



Figure 6 : Quelques rivières du Burkina Faso (a. Banfora ; b. Bobo Dioulasso ; c. Ouagadougou) (Source : Melcher)

Typologie des plans d'eau du Burkina Faso

Les écosystèmes lenthiques au Burkina Faso existent sous forme de plans d'eau naturels et artificiels soit isolés dans les hautes terres, soit dans une matrice de différents types de zones humides où il existe des intérêts concurrents. Les plans d'eau naturels comprennent :

- Les petites mares naturelles sur les plateaux cuirassés "bowé" ;
- Les mares, étangs naturels ou marécages (Figure 9) ;

- Les lacs naturels, comme le lac Bam et le lac Dem (Figure 7) ;
- Les étangs naturels alimentés par des bassins endoréiques ;
- Les marais et bas-fonds constituant des zones humides submergées dans les eaux courantes : Kou et Voun-Hou dans le bassin du Mouhoun, Niéna-Dionkélé et Foullasso-Lelasso dans le bassin du Banfing ; plaines inondées de la Kompienga, du Mouhoun et du Sourou.

Les plans d'eau artificiels comprennent :

- Les boulis, des trous d'eau creusés utilisés pour le stockage de l'eau de la saison des pluies ou remplis par des cours d'eau saisonniers (Figure 8) ;
- Les lacs de barrage ou réservoirs nés à la suite de la construction d'un barrage.

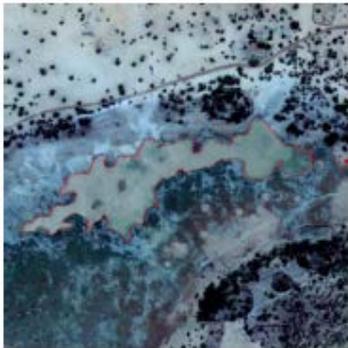


Figure 9 : Mare de Markoye (Maurer, 2019)



Figure 7 : Lac Dem (Maurer, 2019)



Figure 8 : Bouli à Gorom Gorom (Maurer, 2019)

En réponse à la grave sécheresse, plus de 1680 réservoirs ont été construits à travers le Burkina Faso (Caballer Revenga, 2019), faisant du Burkina Faso le pays avec la plus grande densité de réservoirs en Afrique de l'Ouest (Cecchi et *al.*, 2009). Leur superficie varie de 0,01 km² à plus de 25 km² et sont dispersés sur le territoire national (figure 10).

Il y a une concentration de petits et grands réservoirs autour de la capitale Ouagadougou, mais il est difficile d'établir un modèle de répartition des réservoirs sur le reste du territoire car il n'y a pas de topographie favorisant la construction. A ce jour, seuls treize réservoirs ont une superficie supérieure à 10 km², stockant plus de 51 % du volume total des eaux de surface. La majorité des réservoirs a une étendue comprise entre 0,01 et 1 km² (Figure 11). Un volume total d'eau stocké dans les réservoirs burkinabè a été estimé à 1,46 km³ en extrapolant à partir d'une régression linéaire (Cecchi et *al.*, 2009). Selon Mahe et *al.* (2002) et Boelee (2009), plus de 50% du débit annuel du bassin du Nakanbé sont retenus dans ces réservoirs.

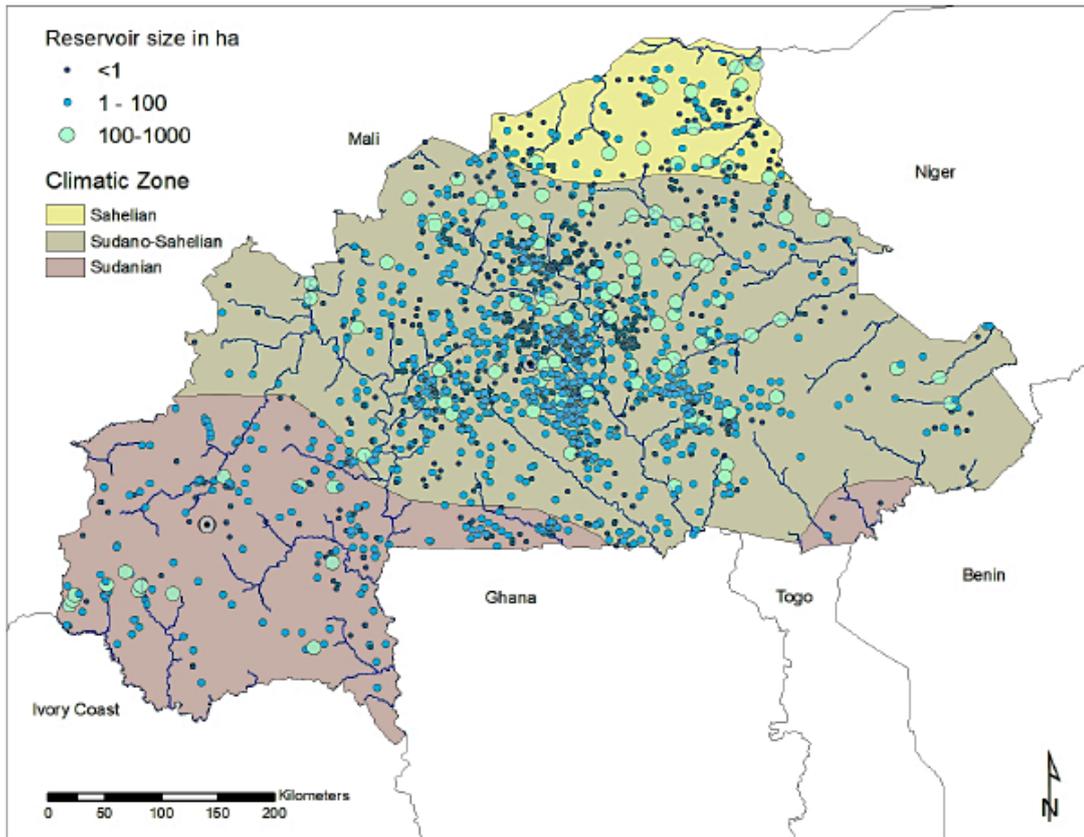


Figure 10 : Distribution des réservoirs en fonction de leur taille (<1-1000ha) au Burkina Faso (Caballer-Revenga, 2019)

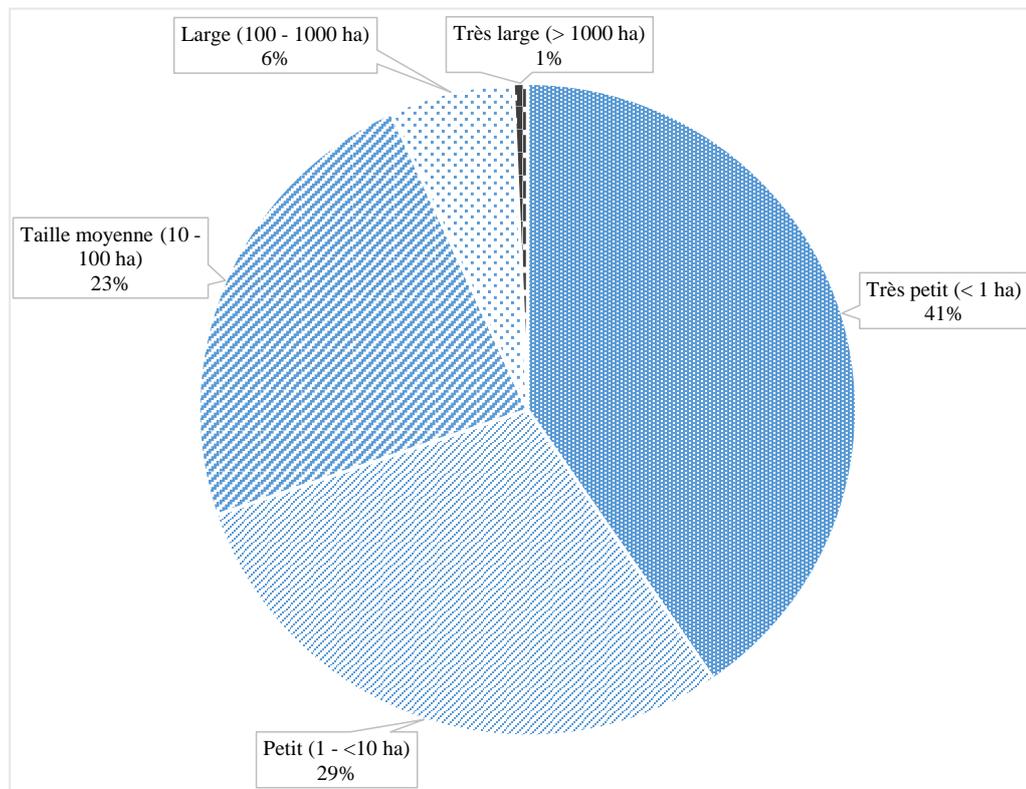


Figure 11 : Fréquence relative de la taille de 1680 réservoirs (Caballer Revenga, 2019)

Saisonnalité des plans d'eau

L'étendue et la forme des plans d'eau dépendent des précipitations et de l'évaporation qui varient selon l'augmentation des précipitations de mai à septembre et une diminution d'octobre à mars-avril. On estime que pendant les années de sécheresse, les plans d'eau ne représentent qu'environ la moitié de leur volume maximal de stockage (IWRM 2001, PANA 2006). La capacité de stockage des retenues d'eau de surface est estimée à près de 2 km³ ; cependant, en année de sécheresse, ces structures ne stockent qu'environ 2,66 km³ (Figure 12). Les réserves en eaux souterraines sont estimées à environ 402 milliards de m³ en moyenne mais peuvent baisser à 268 milliards en année de grande sécheresse.



Figure 12 : Réservoirs variant en fonction de la couverture, taille et intensité de la pression à Koubri, Burkina Faso (Source : A. Melcher)

2.4. Pourquoi l'introduction des bio-indicateurs dans les écosystèmes aquatiques africains?

Komandan Mano, Idrissa Kaboré, Otto Moog, Andreas Melcher et Charlotte Voigt

Développement et utilisation des bio-indicateurs

L'eau est essentielle à la vie. Malgré sa capacité à soutenir des communautés complexes de flore et de faune aquatiques, les gestionnaires de l'eau des pays subsahariens se sont longtemps concentrés sur la qualité et la quantité de l'eau uniquement en tant que fluide, et non sur les services écosystémiques qu'elle fournit. Parce que les ressources en eau ont été considérées comme des matériaux indispensables plutôt que comme une partie intégrante du maintien de la vie, la surveillance et les évaluations de l'eau ont longtemps été basées uniquement sur des paramètres physico-chimiques. Cependant, les analyses physico-chimiques prennent du temps et sont coûteuses (Damyanova *et al.*, 2014). Des approches complémentaires combinant des évaluations biotiques, chimiques et physiques sont apparues pour aider à l'évaluation efficace des écosystèmes aquatiques. Ces approches ont montré que les éléments biologiques sont essentiels pour évaluer et surveiller l'intégrité écologique des masses d'eau (Commission européenne, 2000). La biosurveillance va au-delà de la simple quantification des caractéristiques physico-chimiques et peut refléter la "signature unique des caractéristiques biologiques et écosystémiques" des cours d'eau (Moog *et al.*, 2018). De nombreux programmes recommandent désormais l'utilisation d'éléments biotiques en combinaison avec des indicateurs physico-chimiques pour évaluer l'état écologique des masses d'eau.

Le développement des bioindicateurs remonte à plus d'un siècle. Kolenati (1848), un citoyen de la monarchie autrichienne des Habsbourg, a été le premier à établir un lien correct entre l'absence de larves de trichoptères et les influences des grandes agglomérations. Hassal (1850) à Londres et Cohn (1853) dans l'ancien Empire allemand font partis des premiers scientifiques à utiliser les organismes aquatiques comme indicateurs de la pollution de l'eau. Cela a accentué l'étude et la description des communautés d'écosystèmes aquatiques, largement utilisées par la suite, par Kolkwitz et Marsson (1902), qui ont élaboré la première méthode d'évaluation de la qualité de l'eau, le "système saprobique". Ce système différenciait les organismes "saprobiens" et "katharobiens" en tant qu'indicateurs de l'enrichissement organique des eaux. Les premiers se trouvant dans les eaux usées et les seconds dans les eaux propres. Avec cette différenciation, la première liste d'espèces indicatrices a également été publiée.

Divers indices et méthodes de notation ont été développés pour quantifier l'état écologique des eaux. Ils suivent le principe d'attribuer aux taxons un certain niveau de perturbation. De cette manière, l'impact de la perturbation ou du stress sur un cours d'eau peut être jugé par la présence ou l'absence d'un taxon. Il existe également des indices de diversité qui prennent en compte la richesse en espèces, l'abondance relative et la régularité de la communauté aquatique. Les communautés présentant une plus grande diversité et une distribution plus uniforme sont considérées comme moins stressées (Moog *et al.*, 2018).

Les systèmes d'évaluation intégrés utilisent plusieurs organismes et constituent actuellement les approches les plus sophistiquées (Moog *et al.*, 2018). Des exemples de ces méthodes sont largement utilisés aux États-Unis (Rapid Bioassessment Protocols - RBP), en Afrique du Sud (South African Scoring System - SASS) et dans le cadre de la directive-cadre sur l'eau de l'UE (Barbour *et al.*, 1999 ; Dickens et Graham, 2002 ; Moog *et al.*, 2018). Ces méthodes d'évaluation utilisent par exemple les poissons et les macroinvertébrés. Chaque groupe d'organismes peut indiquer des stress spécifiques aux systèmes aquatiques et/ou des déficits par rapport à ce que l'on trouve dans un écosystème sain à différentes échelles. Les macroinvertébrés indiquent, au niveau du micro-habitat, l'étendue de la pollution organique et des déficits hydro-morphologiques, tandis que des espèces de poissons spécifiques peuvent refléter des déficits à une plus grande échelle, notamment la portée et la connectivité du bassin (Moog *et al.*, 2018). Par exemple, il a été constaté que certains taxons d'EPT (Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères) (Kaboré *et al.*, 2016a), ainsi que les coléoptères aquatiques des familles des Dytiscidae, des Noteridae et des Hydrophilidae sont de bons indicateurs du bon état des rivières (Kabore *et al.*, 2016c).

Le terme " intégrité biotique " a été défini pour la première fois dans la loi sur l'eau *propre* des États-Unis en 1972 comme « une condition ou une qualité ou un état non altéré » (Watershed Science Institute, 2001). À partir de cette définition, Karr (1981) a mis au point l'Indice d'Intégrité Biotique (IBI), qui combine plusieurs paramètres pour évaluer la santé des écosystèmes. Cet indice repose sur l'hypothèse que les paramètres choisis réagissent aux pressions humaines de manière prévisible. Ainsi, une comparaison avec des valeurs de référence présentes dans des environnements vierges ou naturels donne un aperçu de la déviation d'un site par rapport à l'état " vierge " attendu.

Détermination des sites de références pour l'échantillonnage

Afin de déterminer des sites de référence pour l'évaluation biologique des conditions des cours d'eau et des réservoirs, Kabore *et al.* (2018) ont déterminé des critères pour le calcul d'un indice de pression multiple. Cela a permis de déterminer quels niveaux de pressions et d'altérations un écosystème peut supporter, sans compromettre l'intégrité écologique. L'indice de pression multiple était composé de 37 critères (allant du statut de protection, des caractéristiques hydro-morphologiques, physico-chimiques et sensorielles à l'utilisation des terres et aux éléments biologiques) regroupés en trois principaux types d'indices de pression : les pressions hydro-morphologiques, les pressions liées à la qualité de l'eau et les pressions liées à l'utilisation des terres. L'intensité de pressions la plus faible a été constatée dans les sites protégés où tous les indices de pression (hydro-morphologique, utilisation des sols et qualité de l'eau) étaient faibles. Les cours d'eau impactés (par exemple, le Houet dans la ville de Bobo Dioulasso, le canal de l'Université Joseph KI-ZERBO, etc.) présentaient les valeurs d'indice de pression les plus élevées, qui étaient fortement liées aux zones altérées par les pressions humaines. L'étude a révélé des preuves de pressions dans presque tous les sites étudiés, indiquant un manque de sites vraiment vierges et suggérant ainsi les zones protégées (par exemple Nazinga, Guinguette, Mare aux Hippo etc.) comme les plus appropriées pour déterminer un niveau

de référence. La mise en place et l'utilisation d'un système d'évaluation et de suivi commun en Afrique de l'Ouest est essentielle pour permettre un système d'information "d'alerte précoce" pour la biodiversité et la conservation. Pour plus d'informations sur les types de pression dans le milieu aquatique du Burkina Faso et le développement d'indices, voir le chapitre 3.

Macroinvertébrés et bio-indication

Depuis les années 1980, des travaux menés en Europe, en Amérique, en Australie et récemment dans les pays en développement ont montré que les méthodes d'évaluation biologique utilisant les macroinvertébrés benthiques pour l'évaluation des écosystèmes aquatiques sont les plus pratiques (Hellawell et *al.*, 1986 ; Wright et *al.*, 1995 ; Moeykens et *al.*, 2002 ; Kabore, 2016a). Les macroinvertébrés benthiques sont souvent choisis de manière à rendre ces évaluations comparables au niveau mondial. Un certain nombre de caractéristiques les rendent particulièrement bénéfiques pour l'élaboration d'une méthode d'évaluation des écosystèmes aquatiques (Barbour et *al.*, 1999 et Moog et *al.*, 2018) :

- ✓ ils sont les indicateurs les plus populaires et leur utilisation remonte à la fin des années 1840 ;
- ✓ ils constituent le groupe d'organismes le plus important dans la plupart des masses d'eau en termes de richesse des espèces et d'abondance des individus ;
- ✓ leur cycle de vie est suffisamment long pour qu'ils soient probablement exposés à la pollution et au stress environnemental ;
- ✓ l'échantillonnage de la faune des macroinvertébrés benthiques est relativement simple et ne nécessite pas de dispositifs complexes ou de grands efforts ;
- ✓ bien qu'ils soient mobiles, ils ont surtout des habitudes sédentaires, de sorte qu'ils sont susceptibles d'être exposés à la pollution ou au stress environnemental ;
- ✓ la biologie des macroinvertébrés benthiques est bien connue et il existe donc suffisamment de clés d'identification (principalement d'origine européenne) et de bases de données écologiques comme normes méthodologiques.

Pourquoi utiliser les poissons comme bio-indicateurs ?

Les poissons ont été largement documentés comme indicateurs de l'intégrité des écosystèmes aquatiques en raison de leur sensibilité et de leur réactivité à de multiples impacts (Karr 1981 ; Karr et *al.*, 1986 ; Fausch et *al.*, 1990). Utilisés comme bio-indicateurs pour évaluer l'environnement, les poissons sont sensibles à des pressions à court et à long terme, notamment :

- ✓ les changements d'utilisation des terres dans le bassin versant du cours d'eau ;
- ✓ la pollution de l'eau, les toxines chimiques et biologiques, l'acidification et l'eutrophisation ;
- ✓ les changements de climat et de température de l'eau ;
- ✓ la perte d'habitat et de végétation ;
- ✓ les obstacles à la migration latérale et longitudinale ;
- ✓ la morphologie des rivières et l'altération de leur lit ;

- ✓ l'érosion et la sédimentation des sols ;
- ✓ le captage d'eau et autres modifications hydrologiques ;
- ✓ les espèces envahissantes et les prédateurs ;
- ✓ la surpêche et l'échec de la gestion de la pêche.

À des échelles plus larges, une série de facteurs affectent les populations de poissons, notamment la surpopulation, les influences industrielles, l'agriculture intensive (jardinage) et l'hydroélectricité. Depuis son introduction par Karr (1981), la version originelle de l'évaluation basée sur les poissons (Integrity Biotic Index : IBI) a été modifiée et adaptée pour être utilisée dans certaines régions des États-Unis (Karr et Chu, 1999) et dans d'autres parties du monde : Amérique du Sud (Pinto et *al.*, 2006 ; Pinto et Araujo., 2007 ; Costa et Schulz, 2010 ; Terra et Araujo, 2011 ; Casatti et Teresa, 2012 ; Santos et Esteves 2015), Europe (Pont et *al.*, 2007 ; Schmutz et *al.*, 2007a ; Schinegger et *al.*, 2013 ; Breine et *al.*, 2015), en Asie (Ganasan et Hughes, 1998 ; Das et Samanta, 2006) et en Afrique (Hay et *al.*, 1996 ; Hugueny et *al.*, 1996 ; Kamdem-Toham et Teugels, 1999 ; Lae et *al.*, 2004 ; Kadye, 2008 ; Naigaga et *al.*, 2011 ; Aboua et *al.*, 2012). Les poissons se sont avérés être l'un des bioindicateurs les mieux adaptés pour refléter les pressions et impacts humains selon les critères suivants (Karr, 1981) :

- ✓ les poissons sont présents dans la plupart des eaux de surface ;
- ✓ les captures et les identifications des poissons sont relativement faciles, leur taxonomie, leurs exigences écologiques et leur histoire de vie sont généralement mieux connues que celles d'autres biotes (par exemple, les macroinvertébrés benthiques, le phytoplancton, les algues) ;
- ✓ les poissons réagissent fortement aux changements suivant les schémas de flux hydrologiques et environnementaux, alors que d'autres éléments biologiques indiquent à peine ces impacts ;
- ✓ les poissons ont développé des schémas de migration complexes, ce qui les rend sensibles aux interruptions du continuum hydrographique ;
- ✓ la longévité de nombreuses espèces de poissons permet d'adopter une approche sensible aux perturbations sur des échelles de temps relativement longues pour les évaluations ;
- ✓ l'histoire et la sensibilité aux perturbations sont bien documentées pour de nombreuses espèces de poissons et leurs réponses aux facteurs de stress environnementaux sont souvent connues ;
- ✓ les poissons occupent généralement des niveaux trophiques élevés et intègrent donc les conditions des niveaux trophiques inférieurs. En outre, différentes espèces de poissons représentent des niveaux trophiques distincts, par exemple omnivores, herbivores, insectivores, planctonivores et piscivores ;
- ✓ les poissons occupent une variété d'habitats dans les rivières : benthiques, pélagiques, rhéophiles, limnophiles, etc. Les espèces ont des besoins spécifiques en matière d'habitat et présentent donc des réponses prévisibles aux modifications de l'habitat dues aux activités humaines ;
- ✓ la diminution de la croissance et du recrutement est facilement évaluable et reflète le stress ;

- ✓ les poissons sont des ressources économiques précieuses et suscitent l'intérêt du public. L'utilisation des poissons en tant qu'indicateurs confère une compréhension facile et intuitive des relations de cause à effet sur les impacts environnementaux, aux parties prenantes au-delà de la communauté scientifique (McCormick et *al.*, 2000).

Hugueny et *al.* (1996) ont noté, il y a déjà 20 ans, que le poisson doit devenir un indicateur bien établi pour soutenir une meilleure gestion qui assure une source importante de nourriture (protéines), en particulier pour le Burkina Faso et d'autres pays en voie de développement.

Chapitre 3 : Menaces sur les écosystèmes aquatiques au Burkina Faso

Adama Ouéda, Idrissa Kaboré, Raymond Ouédraogo, Moumini Savadogo, Paul Meulenbroek, Sebastian Stranzl, Jan Sendzimir, Komandan Mano et Charlotte Voigt

3.1. Types de pressions

Malgré les richesses naturelles aquatiques du Burkina Faso et l'importance de ces richesses pour ses habitants, les zones humides du pays sont menacées par plusieurs facteurs, notamment les activités humaines, la pollution, l'utilisation des terres, la perte d'habitats et la surexploitation des ressources naturelles. En outre, les changements climatiques, selon certains scénarii les plus probables, conduiront à un climat plus chaud et plus sec avec des événements pluvieux extrêmes. Ils auront tendance à exacerber la perte d'habitats et d'espèces (Figure 13). Le potentiel d'expansion de ces pressions et de précipitation d'une dégradation irréversible des écosystèmes aquatiques constitue un mandat fort pour la mise en place d'un système d'évaluation et de surveillance de la qualité des écosystèmes (Kaboré et al., 2018 ; Meulenbroek et al., 2019).



Figure 13 : Types de pressions sur les écosystèmes aquatiques trouvées au Burkina Faso. Elevage (1), eutrophisation (2), pêche (3), prélèvement d'eau (4), maraichage (5), digue (6), riziculture (7), modification des habitats (8) et agriculture (9) (Mano, 2016)

- **Les modifications de la morphologie des cours d'eau** sont souvent une conséquence des activités humaines dans le bassin versant. Celles-ci incluent la production d'énergie hydroélectrique, les infrastructures de protection contre les inondations, la navigation, le prélèvement d'eau pour l'irrigation, le drainage des sols, le développement urbain et l'extraction de sable. Les actions mécaniques telles que le curage des cours d'eau, la canalisation des berges ou le bétonnage des berges influencent le fonctionnement du milieu aquatique et modifient la dynamique des cours d'eau (Figure 14). Elles ont un impact sur la vitesse d'écoulement, le transport des sédiments et la diversité des habitats biologiques. Celles-ci perturbent la structure du biotope, et donc les organismes résidents. Le nettoyage d'un cours d'eau suit généralement des considérations hydrauliques. Par exemple, l'envasement et l'encombrement du lit de la rivière peuvent entraver l'écoulement de l'eau et les inondations qui en résultent peuvent inciter les gestionnaires à effectuer ce nettoyage. Les causes primaires se situent généralement à un autre niveau en amont : urbanisation, érosion des sols accélérée par la déforestation, suppression des fossés ou mauvais drainage.



Figure 14 : Exemple de canalisation au Burkina Faso (Source : Kaboré, 2016)

- **Les pressions hydrologiques** telles que les modifications de l'écoulement de l'eau par des prélèvements ou des constructions (exemple : constructions de barrage et dérivations) peuvent modifier le régime hydrique au cours de l'année. Des prélèvements importants par rapport aux quantités d'eau disponibles en période d'étiage peuvent perturber le cycle de l'eau et l'équilibre de l'écosystème. Ces prélèvements sont surtout dus à l'extraction d'eau pour l'irrigation, l'industrie ou à d'autres usages humains (Figures 15 & 16). Les rejets d'eau chaude (par exemple les rejets industriels), s'ils sont réguliers, peuvent également générer des changements dans l'écosystème en modifiant la composition des espèces.



Figure 15 : Pompage de l'eau pour l'agriculture (Source : Melcher)



Figure 16 : Irrigation dans un champ de canne à sucre (Source : Melcher)

- **Pressions sur l'habitat** : l'utilisation des terres autour des écosystèmes aquatiques influence les apports en produits chimiques et en sédiments. L'expansion des zones urbaines et d'agriculture intensive due à une croissance démographique rapide et à l'augmentation des possibilités d'irrigation peut restreindre ou supprimer la végétation riveraine qui filtre les eaux de ruissellement, entre autres fonctions de l'écosystème.
- **Pressions sur l'utilisation des terres riveraines** : l'expansion de la zone agricole et/ou la déforestation de la zone riveraine peuvent entraîner une augmentation de l'envasement et du ruissellement, ainsi qu'une réduction de la diversité des habitats pour les animaux aquatiques (Kaboré *et al.*, 2018).
- **Pressions liées à la connectivité** : Les barrières créées par les barrages et le colmatage du lit de la rivière, réduisent la connectivité au sein de l'écosystème, empêchant le transport des matières et des nutriments ainsi que les déplacements de la faune aquatique.
- **Obstacles à la migration des poissons** : cette pression constitue un problème dans les cours d'eau burkinabè, car beaucoup d'entre eux sont non pérennes (asséchés pendant la saison sèche) ou perturbés par des barrages. L'évaluation des assemblages de poissons par Melcher *et al.* (2012) a montré que les barrages constituent une barrière pour les poissons, entraînant une réduction de l'abondance des espèces les plus grandes qui ne tolèrent pas la dégradation de l'habitat. Cependant les ruptures fréquentes de ces barrages et les inondations consécutives peuvent permettre le déplacement et l'échange de poissons entre les sections de la rivière.
- **Pressions sur la qualité de l'eau** : au Burkina Faso, l'utilisation directe ou indirecte de l'eau par l'homme, par exemple pour la pêche, l'agriculture ou la présence des habitations humaines, altère la qualité de l'eau. Les rejets domestiques (eaux usées non traitées), les rejets non traités de certaines industries et les activités agricoles (élevage, utilisation des pesticides, des engrais synthétiques et naturels) sont des sources majeures de pollution. L'apport accru de matières organiques et de nutriments dans l'environnement aquatique peut conduire à une eutrophisation favorisant la prolifération d'algues, consommant ainsi des quantités massives d'oxygène et tuant les poissons et autres êtres vivants aquatiques. Trois principaux groupes de micropolluants d'origine humaine sont généralement identifiés : les polluants organiques, métalliques et organométalliques (Figure 17). Ces derniers sont générés par l'exploitation, la transformation, l'utilisation et la dégradation des matières premières. En fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques et toxiques, ils auront un impact plus ou moins important sur tout ou partie de l'écosystème. L'inhalation ou le contact cutané sur le lieu de travail ou par la consommation d'aliments peuvent exposer l'Homme à ces polluants. Une attention particulière doit également être accordée aux pollutions bactériennes et phyto-chimiques au Burkina Faso.
- **Pollution bactérienne** : les plans d'eau sont souvent contaminés par des bactéries coliformes fécales et streptocoques en raison des déchets humains et animaux non traités (Yonkeu, 2002). Cela cause des maladies (Boelee *et al.*, 2009) et peut entraîner une réduction de la croissance ou un retard de croissance chez les enfants (Ngyre, 2019).

- **Pollution phyto-chimique** : en raison de la croissance de la production de fruits et légumes comme alternative aux cultures de rente pendant la saison sèche, l'utilisation de pesticides pour améliorer les rendements a également augmenté. Les zones de maraichage au Burkina Faso sont situées à proximité des plans d'eau. Cette proximité entraîne des niveaux élevés de ruissellement, d'infiltration à travers le sol et de déversement direct dans le plan d'eau. Des études menées par Lehmann *et al.* (2018) ont révélé au total 13 pesticides différents présents dans les sources d'eau potable au Burkina Faso, les plus répandus étant la triazine, l'acétamipride et l'imidaclopride. Les pesticides peuvent avoir des impacts négatifs sur la santé humaine en perturbant le système endocrinien (OMS et PNUE, 2013). Ils endomagent également les communautés aquatiques comme observé sur les espèces de zooplancton par Le Boulanger *et al.* (2009).



Figure 17 : Exemples de cours d'eau pollués par des déchets urbains (Source : Ouédraogo *et al.*, 2012)

- **Changements dans la biocénose, espèces exotiques envahissantes** : dans un écosystème aquatique, toutes les espèces vivantes ou la biocénose fonctionnent de manière interdépendante dans un équilibre à travers la chaîne alimentaire et la pyramide de productivité. La disparition d'une ou plusieurs espèces ou l'introduction d'une espèce exotique envahissante peut perturber et rompre cet équilibre. La disparition d'espèces peut être due à la surpêche, à des espèces invasives telles que *Lates niloticus* (Lowe *et al.*, 2000) ou à d'autres perturbations de l'écosystème aquatique.
- **Changements climatiques** : bien que l'impact des changements climatiques sur les zones humides soit loin d'être totalement compris, on s'attend à ce que la variabilité accrue du climat affecte davantage la résilience des écosystèmes aquatiques en modifiant la dynamique et l'étendue des flux et des stockages d'eau. De tels extrêmes accéléreront la dégradation des habitats et la disparition des espèces (Figure 18) (voir chapitre 4 : Changements climatiques et ressources piscicoles).



Figure 18 : Rupture d'une digue à Koubri après une grosse pluie en août 2017 (Source : Ouédraogo, 2017)

3.2. Utilisation de l'indice de pression global

Afin de quantifier et de comparer l'ampleur des pressions sur différents sites, les indices peuvent être calculés pour chaque type de pression individuellement et compilés dans un indice de pression global (GPI). Dans la méthode développée par Schinegger *et al.* (2012), les variables de pression telles que l'endiguement, la canalisation, la pollution organique et les barrières sont définies et regroupées en groupes de pression (hydrologique, morphologique, qualité de l'eau et connectivité). Pour chaque variable de pression, des classes de 1 à 5 sont attribuées pour indiquer la présence et l'étendue de la variable. La moyenne des variables de pression est calculée et représente la valeur de l'indice. Afin d'éviter que des valeurs de pression faibles compensent des valeurs de pression élevées, la moyenne des valeurs de pression élevées est calculée. Le GPI peut alors être déterminé en calculant la moyenne de toutes les indications de type de pression, multipliée par le nombre de groupes de pression affichant une valeur de pression élevée (Schinegger *et al.* 2012).

$$\mathbf{GPI} = \frac{\mathbf{HPI} + \mathbf{MPI} + \mathbf{WQPI} + \mathbf{CPI}}{\mathbf{4}} \times \mathbf{groupes\ affectés}$$

L'indice de pression global est un outil utile pour démontrer les effets cumulatifs des pressions sur les écosystèmes aquatiques. Les effets se combinent et se multiplient souvent, ce qui rend la compréhension des interactions nécessaires pour une gestion efficace (Schinegger *et al.* 2012).

En utilisant cette méthodologie, Meulenbroek *et al.* (2019) ont résumé les pressions exercées sur les écosystèmes aquatiques dans la partie en amont du bassin de la Volta. La somme cumulée des indices de

pression donne une indication de l'intensité de la pression dans chaque zone d'étude (Figure 19). L'indice de pression hydrologique le plus élevé a été trouvé à Bagré amplifié par la proximité de grands réservoirs. La pression hydrologique la plus faible a été trouvée dans l'aire protégée de Nazinga. Dans cette aire protégée, la qualité de l'eau était également la meilleure, indiquant de faibles niveaux d'eutrophisation et de pollution. La connectivité de la rivière était moins perturbée dans la section à écoulement libre de Kougri et à Bagré, tandis que la zone de Kouabri avait des barrages et a donc reçu un mauvais indice de pression de connectivité. A l'exception de l'aire protégée de Nazinga, les pressions de l'agriculture et de la pêche étaient élevées dans toutes les zones d'échantillonnage.

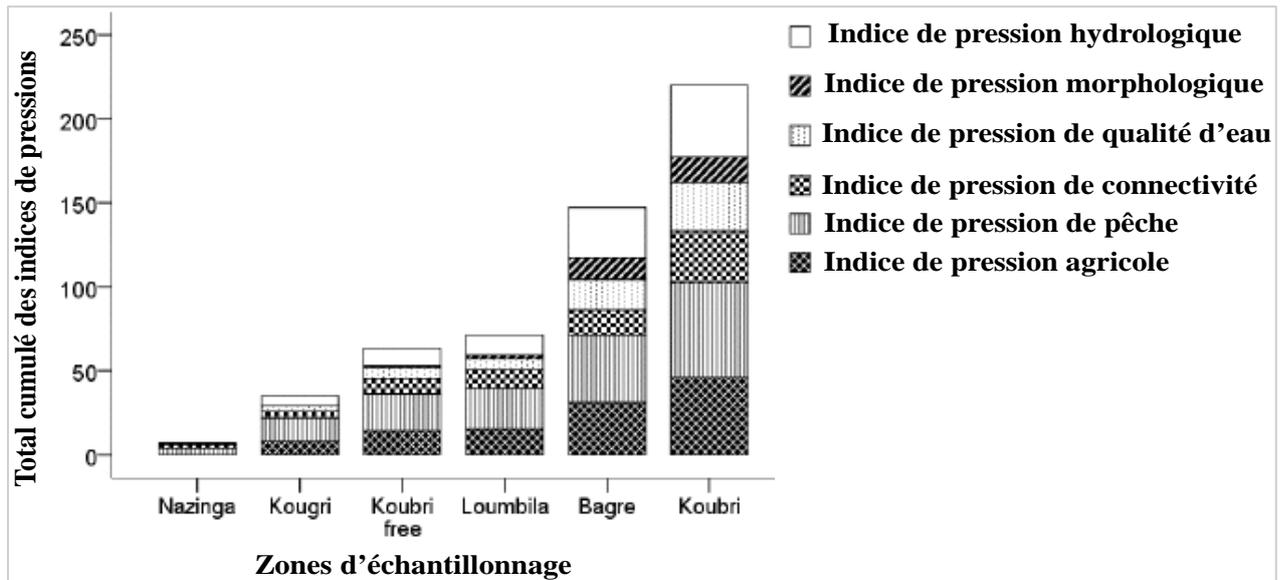


Figure 19 : Indices de pressions et cumul des pressions au niveau des sites d'échantillonnage (Meulenbroek et al., 2019)

En étudiant les impacts des pressions sur la diversité des espèces de poissons, Stranzl (2014) a constaté qu'il y a une réaction évidente de la population de poissons face à l'ampleur des pressions. Le nombre d'espèces de poisson était significativement différent en fonction de GPI (faible, moyenne et élevée). Alors que les sites avec une faible valeur GPI (4) avaient le nombre médian d'espèces le plus élevé et la plus grande variation, les sites avec un GPI élevé (12), avaient un nombre plus faible d'espèces par site et également une variation plus faible entre les sites (Figure 20a). On a également constaté que la biomasse totale diminuait avec l'augmentation de la pression (Figure 20b). L'abondance de plusieurs genres était significativement corrélée aux indices de pression. En particulier, les genres *Auchenoglanis*, *Ctenopoma* et *Hydrocynus* sont négativement corrélés avec la plupart des indicateurs de pression, tandis que *Tilapia* (Cichlidés) présente une corrélation positive (Stranzl, 2014).

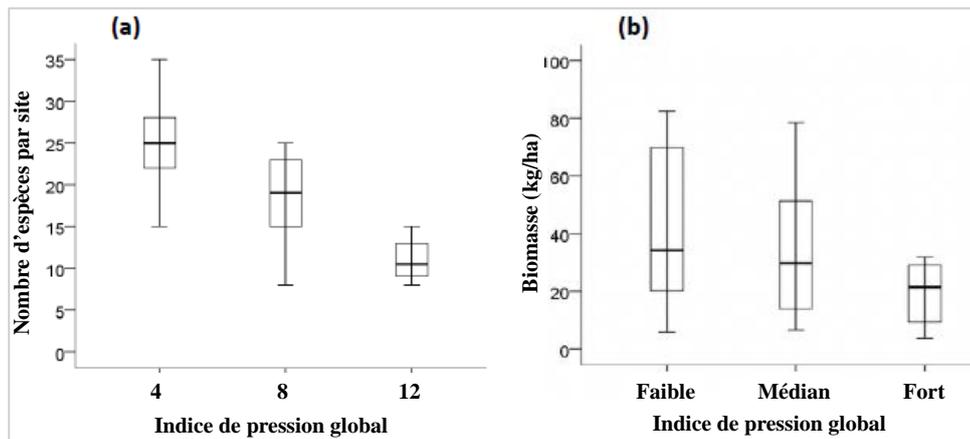


Figure 20 : Relation entre (a) nombre d'espèces par site et (b) biomasse en kg/ha et l'indice de pression global (Faible IPG : 4 ; médian IPG : 8 ; Fort IPG : 12) (Stranzl, 2014)

Kaboré *et al.* (2016a) ont examiné la composition fonctionnelle et taxonomique des macroinvertébrés sur 29 sites avec différents niveaux de perturbation dans la plaine inondable. Ces sites sont classés en plusieurs catégories à savoir : zone protégée (P), zone à agriculture extensive (AE), zone à agriculture intensive (AI) et zone urbaine (U). En utilisant une approche multimétrique, la richesse en taxons (a), le pourcentage d'insectes diptères tolérants (b), le pourcentage d'éphéméroptères, de plécoptères et de trichoptères (EPT) (c), et l'indice de diversité de Shanon-Wiener (d) ont été calculés pour évaluer l'état de la santé de l'écosystème (Figure 21). Il a été constaté que, bien que les paramètres aient un niveau de sensibilité différent aux changements de pressions liées à l'utilisation des terres, tous ont montré une différence significative entre les autres catégories de sites et les zones urbaines, qui ont le plus haut niveau de pression humaine (Kaboré *et al.*, 2016a).

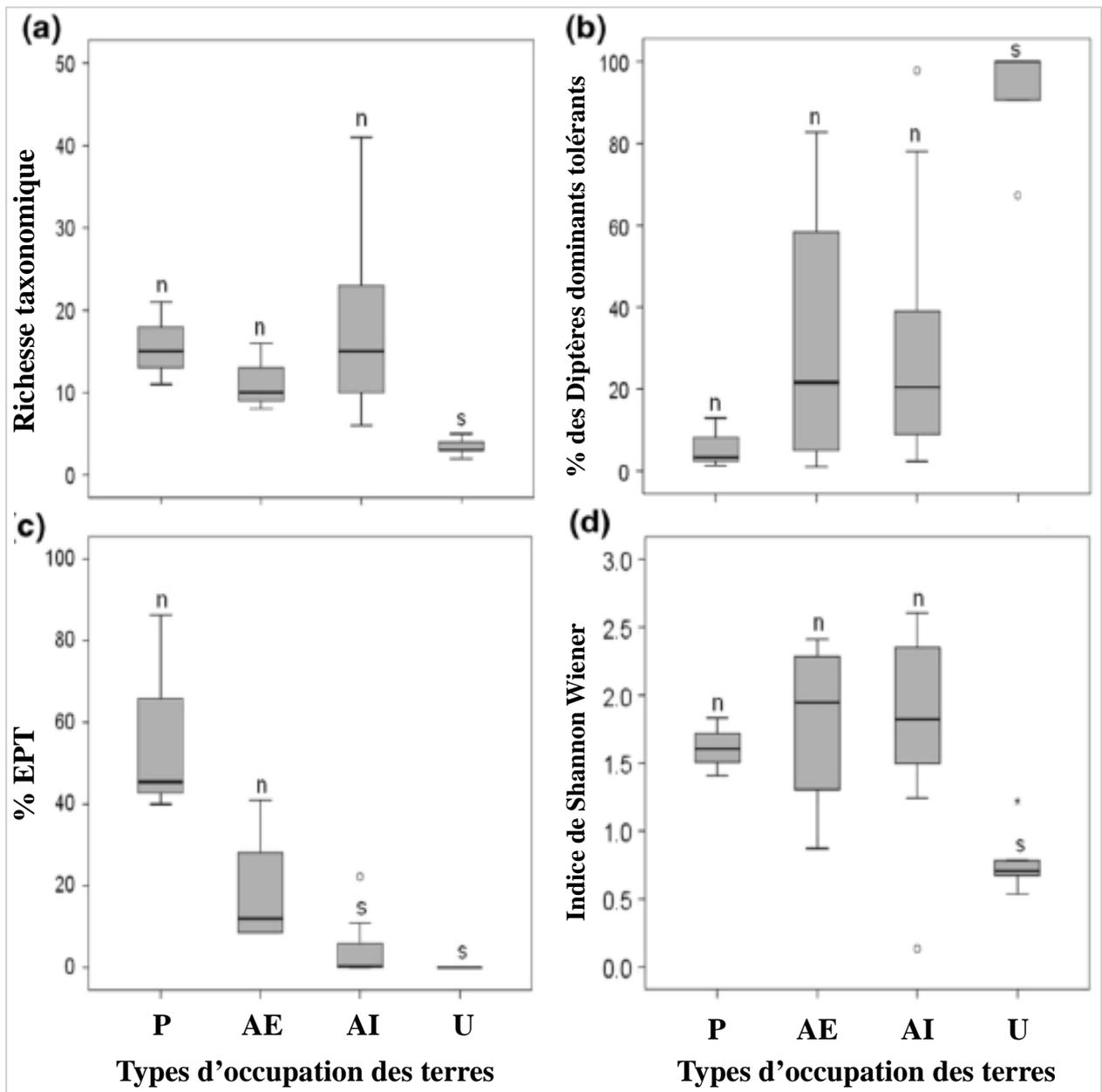


Figure 21 : Variations de (a) Richesse taxonomique, (b) pourcentage des Diptères dominants tolérants, (c) pourcentage des EPT, (d) Indice de Shannon Wiener dans différents types d'occupation des terres.

Légende : P : aires protégées ; AE : Agriculture extensive ; AI : Agriculture intensive ; U : Zones urbaines. Les lettres sur les boxplot indiquent la différence des tests statistiques (n : différence non significative, s : différence significative) (Kaboré et al., 2016a)

Chapitre 4 : Changements climatiques et ressources piscicoles

Julie Paillaugue, Rimwaodo Pierre Silga, Noellie W. Kpoda et Adama Ouéda

4.1. Impacts des changements climatiques sur les facteurs biotiques

L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions les plus vulnérables aux changements climatiques dans le monde en raison de sa forte dépendance aux ressources naturelles et à l'agriculture pluviale (Caminade et Terray, 2010 ; Reinert et *al.*, 2015). Les sécheresses et inondations répétées, les épidémies et l'instabilité politique remettent en cause la sécurité alimentaire de plus de 20 millions de personnes et d'environ 6 millions d'enfants malnutris (USAID, 2017). Les changements climatiques aggravent ces vulnérabilités permanentes. En outre, la forte croissance démographique entraîne des pressions croissantes sur les ressources naturelles (notamment l'eau et les poissons) et provoque la déforestation, l'appauvrissement de la végétation (par l'expansion agricole et le surpâturage) et l'installation de la population dans les plaines inondables. Le Burkina Faso est divisé en trois zones climatiques : la zone sahélienne, la zone soudano-sahélienne et la zone soudano-guinéenne (Figure 4). Il en résulte un climat allant de l'aride au semi-aride dans les deux tiers nord du pays, au subtropical dans le sud-ouest (Beck et *al.*, 2018). Les saisons des pluies et les saisons sèches affectent les zones climatiques à des moments et des durées différents. Dans la zone soudano-guinéenne, la saison des pluies commence tôt (mars) et finit tard (octobre) ; dans la zone sahélienne, elle commence plus tard (juin) et finit plus tôt (septembre) (MECV, 2007).

Selon plusieurs sources (Paeth et *al.*, 2011 ; Nicholson, 2013 ; Lavaysse et *al.*, 2016 ; Ndehedehe et *al.*, 2018), les facteurs climatiques ont été fortement modifiés récemment dans la région du Sahel et notamment au Burkina Faso (les régimes des précipitations, les températures de l'air et de l'eau, les vents, l'occurrence des événements extrêmes). Suite à une revue de la littérature réalisée par Paillaugue (2019), plusieurs pressions météorologiques sur les conditions abiotiques des masses d'eau ont été identifiées comme résultant des changements climatiques et pouvant avoir un impact supplémentaire sur certaines caractéristiques biotiques des écosystèmes aquatiques locaux (Tableau 3 et Tableau 4).

Tableau 3 : Principaux facteurs climatiques affectés par le changement climatique et leur influence sur les ressources en eau (Paillaugue, 2019)

Facteurs climatiques	Facteurs abiotiques de l'eau
<p>Précipitations - augmentation de la variabilité, diminution des précipitations annuelles totales</p>	<p>Plaines inondables - réduction de la zone inondée, réduction de la durée des inondations</p> <hr/> <p>Débit d'eau - réduction du débit des cours d'eau, augmentation de la saisonnalité des cours d'eau, diminution du niveau et de la disponibilité de l'eau, réduction de la connectivité des masses d'eau, assèchement des cours d'eau, lacs et réservoirs</p> <hr/> <p>Ruissellement - diminution du ruissellement due aux précipitations</p>
<p>Rayonnement solaire - augmentation de l'intensité</p>	<p>Effets indirects à travers la température de surface et la convection</p>
<p>Température de l'air - augmentation de la température annuelle moyenne, augmentation de la durée de la nuit et augmentation de la température moyenne</p>	<p>Masses d'eau - augmentation de la température de surface, augmentation de la stratification, augmentation de la salinité due à l'augmentation de l'évaporation, diminution de la teneur en oxygène dissous, augmentation de l'eutrophisation et efflorescences algales nuisibles</p>
<p>Évaporation - augmentation de l'évaporation</p>	<p>Plaines d'inondation - réduction de la zone inondée, réduction de la durée des inondations Habitats - réduction de la qualité et de la quantité, diminution de la taille</p>
<p>Événements extrêmes - fréquence accrue des inondations, intensité accrue et durée réduite</p>	<p>Plaines d'inondation - réduction de la zone inondée, réduction de la durée des inondations.</p> <p>Sécheresses - augmentation de la température des eaux de surface, augmentation de la stratification et de la salinité, diminution de la teneur en oxygène dissous, augmentation de l'eutrophisation.</p>
<p>Saisons - changement du moment, de la durée et de l'intensité de la saison des pluies, augmentation de la durée de la saison sèche</p>	<p>Effets indirects sur les précipitations</p>

Une diminution de la moyenne annuelle des précipitations, une augmentation de la température moyenne annuelle et une augmentation de la variabilité des précipitations ont été mentionnées le plus fréquemment dans la littérature comme des pressions résultant des changements climatiques. Une diminution de la

disponibilité de l'eau, une augmentation de la température de l'eau de surface et une diminution de la superficie inondée ainsi qu'une diminution du ruissellement et du débit d'eau ont été reconnues comme les indicateurs abiotiques principalement modifiés par ces dernières pressions climatiques (Figure 22). Les impacts de ces indicateurs sur les éléments biotiques tels que les poissons sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Les facteurs abiotiques de l'eau indirectement affectés par le changement climatique et leurs impacts sur les poissons (Paillaugue, 2019)

Facteurs abiotiques de l'eau	Etat biologique des poissons
Plaines inondables - réduction de la zone inondée, réduction de la durée des inondations	Réduction de la taille moyenne des poissons
	Reproduction - diminution du taux, changement dans période de frai, entrave à la migration, diminution du recrutement
	Diminution de l' abondance des poissons
Débit d'eau - réduction du débit des cours d'eau, augmentation du caractère saisonnier des cours d'eau	Augmentation de la mortalité des poissons
Niveau d'eau - baisse du niveau et de la disponibilité, réduction de la connectivité d'eau, assèchement des cours d'eau, lacs et réservoirs	Augmentation de l' extinction des poissons
	Réduction de la taille moyenne des poissons
	Réduction de la productivité
	Réduction de la production primaire et de la distribution Diminution de l' abondance des poissons
Diminution de la teneur en oxygène dissous	Réduction de la taille moyenne des poissons
Augmentation de la température des eaux de surface	Diminution de la production primaire
	Réduction de la taille moyenne des poissons
Augmentation de la salinité de l'eau	Réduction de la production primaire et de la distribution



Figure 22 : Plaine d'inondation largement déserte à côté du réservoir de Koubri, qui accueillait la population locale et un important marché de poissons (Source : Magnuszewski)

Les principaux facteurs biotiques identifiés dans la littérature comme étant affectés par les impacts des changements climatiques sont une réduction de l'abondance, de la productivité et de la taille moyenne des poissons ainsi qu'une diminution de la production primaire due à l'augmentation de la température et de la salinité de l'eau (Mohammed, 2013 ; Harrod, 2015 ; Paugy, 2017 ; Yang, 2017 et Issahaku, 2018). Des entretiens complémentaires (Paillaugue, 2019) ont montré une insuffisance de diffusion de l'information au sein du pays, concernant le processus et les impacts des changements climatiques, limitant la perception par les acteurs de la pêche des menaces actuelles et potentielles futures sur les ressources halieutiques (Figure 23). De plus, Ficke et *al.* (2007) ont souligné que les impacts des changements climatiques peuvent être facilement sous-estimés, cachés ou entravés par des pressions anthropogéniques directes (par exemple, la surexploitation, la déforestation, les changements d'utilisation des terres) particulièrement écrasantes dans les pays en développement. Cela peut également nuire à la compréhension des principaux acteurs de la pêche concernant les origines des changements biotiques, ce qui entrave l'adoption et la mise en œuvre de stratégies d'adaptation efficaces pour maintenir les pêcheries.



Figure 23 : Interview d'un participant à propos des impacts du changement climatique sur l'eau et les ressources piscicoles au Burkina Faso (Source : Melcher, 2019)

4.2. Connaissances endogènes et perceptions des pêcheurs sur les changements climatiques

Etude de cas de la pêche du lac de Bagré

Le réchauffement climatique et ses répercussions sur les ressources naturelles, bien qu'admis aujourd'hui par un grand nombre de scientifiques, reste encore une source de discussions parfois divergentes parmi les populations locales. Une étude, menée entre mars et juin par SUSFISH-plus, a utilisé des enquêtes de groupe semi-structurées auprès des populations locales autour du lac de Bagré, dans la zone nord-soudanienne du Burkina Faso, dans l'objectif d'évaluer la perception des changements locaux par les pêcheurs et leurs impacts sur l'ichtyofaune. Un total de 118 pêcheurs de 7 villages environnants répartis en 20 groupes a participé aux entretiens.

Les résultats ont révélé que les pêcheurs sont généralement conscients des menaces climatiques et anthropiques qui pèsent sur la faune piscicole. Les facteurs de stress les plus cités étaient l'agriculture, le maraichage et les changements climatiques (Figure 24). Les pêcheurs sont également de plus en plus conscients de la baisse des niveaux d'eau dans le lac, l'ensablement, l'agriculture et l'ouverture des vannes étant considérés par les pêcheurs comme les principaux moteurs de ce changement (Figure 25).

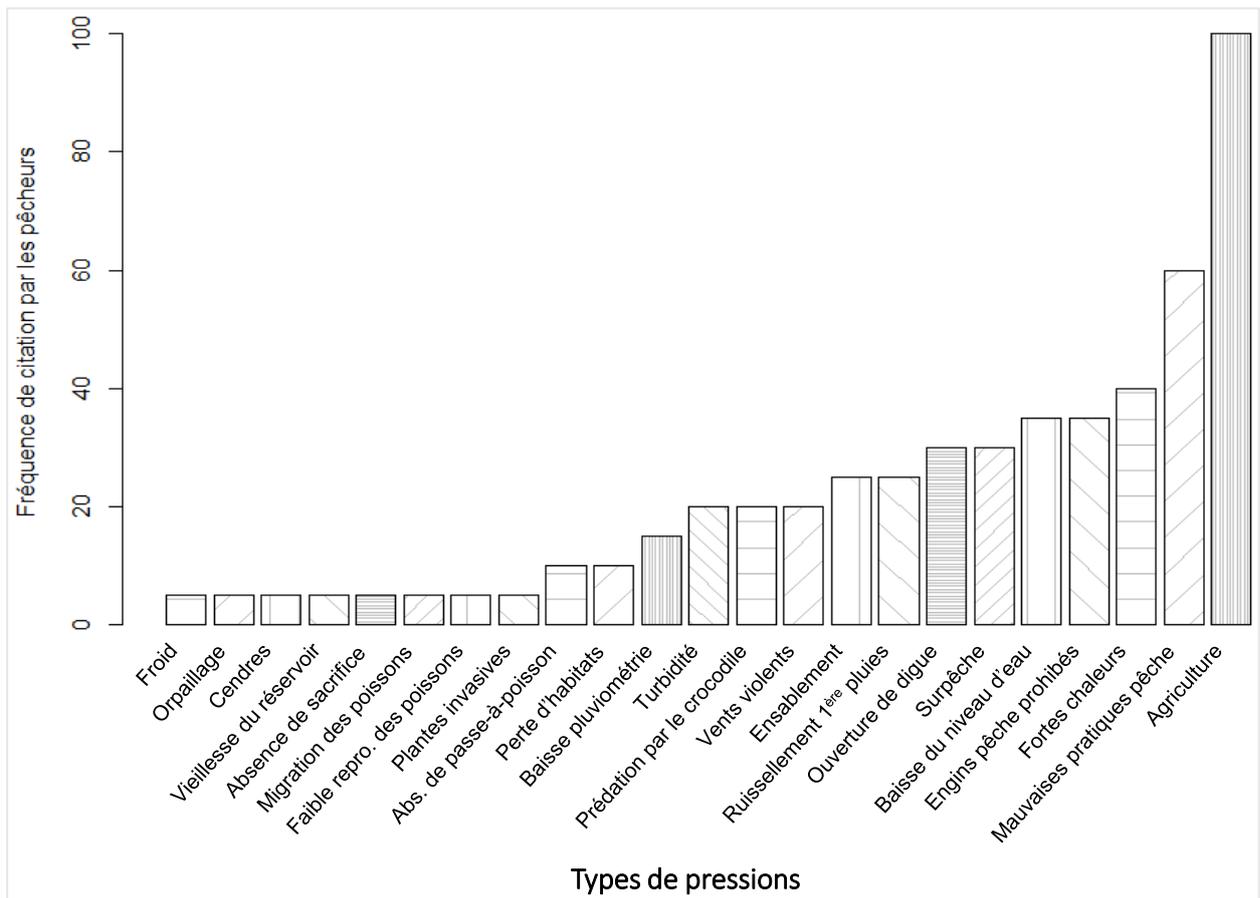


Figure 24 : Perception des types de stress sur la faune piscicole par les pêcheurs (Silga, 2021)

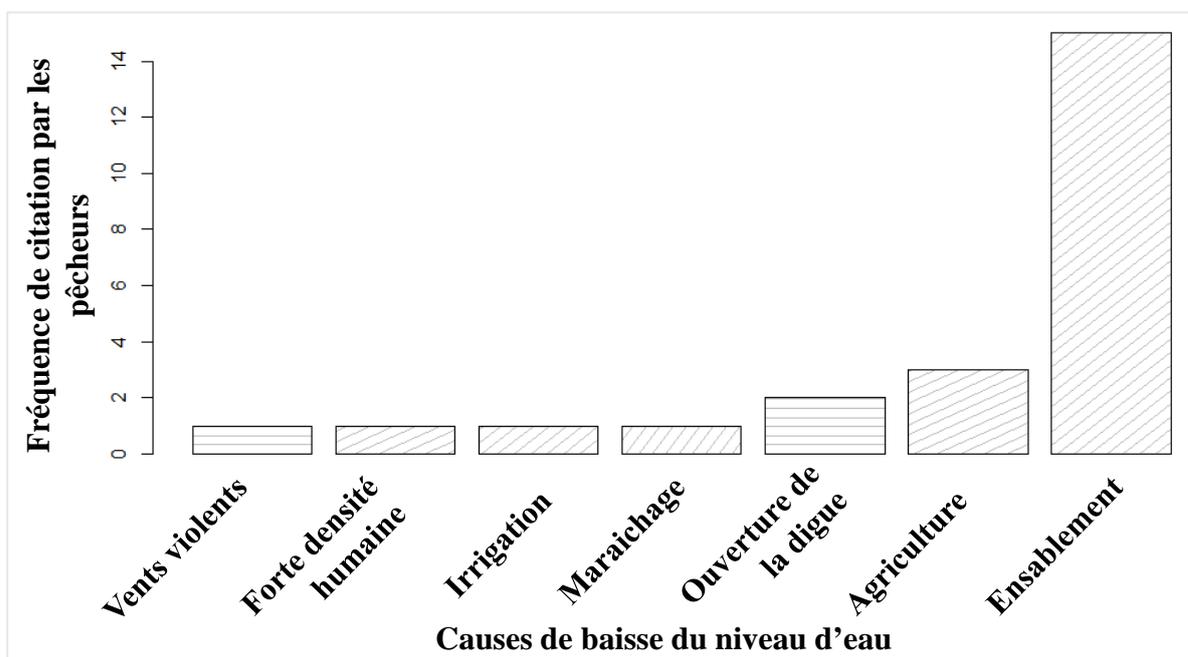


Figure 25 : Principales causes de la baisse du niveau d'eau dans les réservoirs selon les pêcheurs (Silga, 2021)

Les pêcheurs ont également constaté une diminution de la quantité et de la qualité des poissons capturés en raison des différents stress. Selon eux, les changements climatiques sont à la base de changements importants dans les communautés de poissons allant de la perte d'habitat à la diminution de la richesse des

espèces. Selon les pêcheurs, certains poissons meurent à des périodes spécifiques de l'année (Figure 26). Cette augmentation de la mortalité des poissons pourrait s'expliquer par la pollution et l'augmentation des températures. Plusieurs espèces de poissons sont même perçues comme étant en danger (Figure 27). Ces connaissances endogènes sont importantes pour le développement de programmes d'adaptation aux changements climatiques. Les données recueillies confirment l'hypothèse de la recherche selon laquelle les pêcheurs sont conscients des pressions exercées sur la faune piscicole du lac de Bagré et tirent des conclusions sur les causes naturelles et anthropiques.

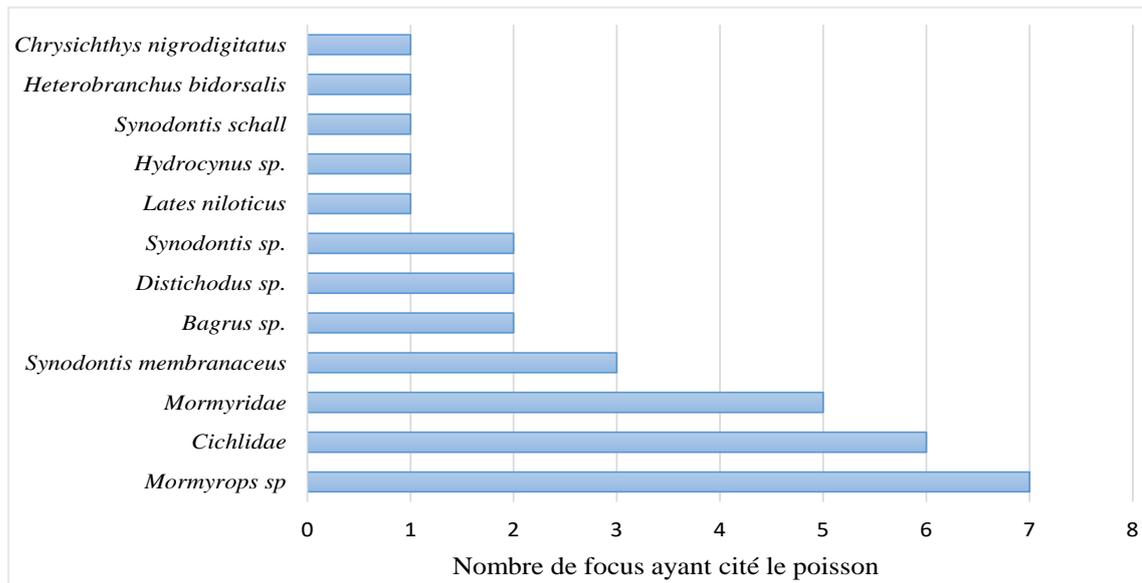


Figure 26 : Poissons qui meurent à une certaine période de l'année selon les pêcheurs (Silga, 2021)

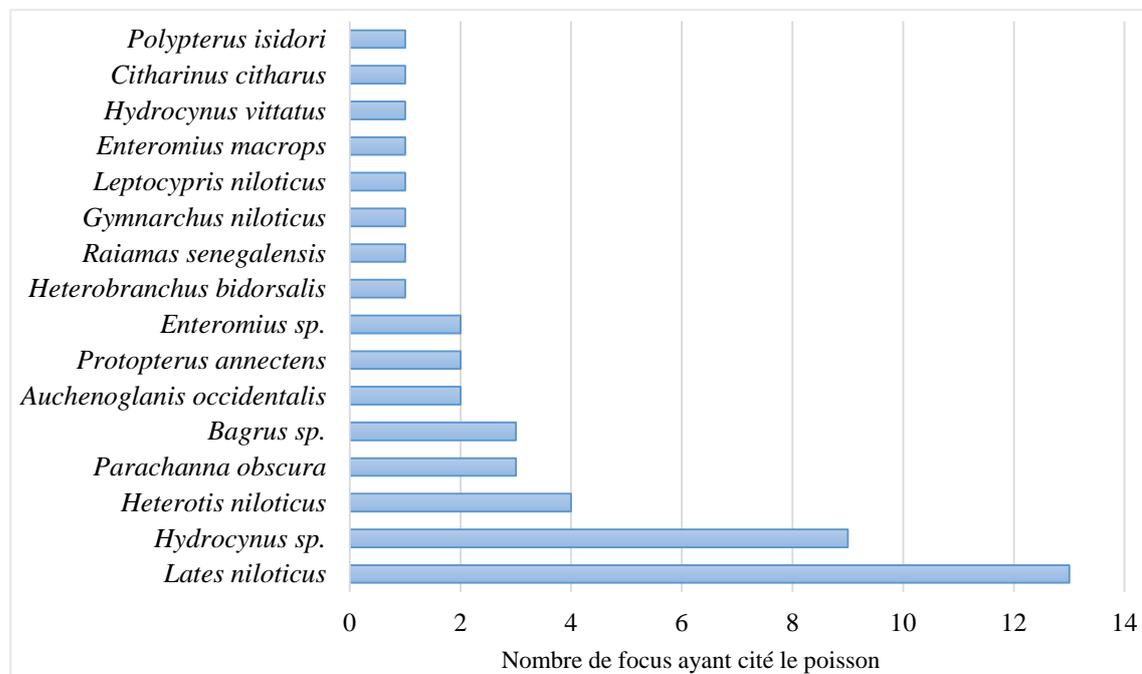


Figure 27 : Poissons perçus par les pêcheurs comme étant en voie de disparition (Silga, 2021)

4.3. Modélisation des impacts sur la distribution des poissons

Pour évaluer l'impact des changements climatiques sur la distribution des espèces de poissons au Burkina Faso, des modèles de distribution ont été réalisés. Les données utilisées sont les résultats des études sur les poissons au Burkina Faso sur la période de 1951 à 2010. Pour ce faire, cette période a été subdivisée en trois sous-périodes à intervalles réguliers de deux décennies. La période de référence est de 1951-1970, avant la grande sécheresse dans la zone sahélienne, la période critique se réfère aux années de sécheresse de 1971-1990 et la période de retour, également considérée comme la période actuelle, reflète les années après cette sécheresse. Dix-neuf variables, issues de Worldclim version 1.4 et version 2.0, exprimant des données climatiques dérivées de la température et de la pluviométrie ont été utilisées. Les cartes de distribution des poissons ont été établies à l'aide des logiciels MAXENT 3.4.0 et R 3.6.1. L'étude a couvert tous les réservoirs du Burkina Faso où des espèces de poissons ont été trouvées pendant la période définie (1951 à 2010). Un échantillon de huit espèces de poissons dont l'occurrence sur chaque période climatique est supérieure ou égale à 10 individus a été utilisé pour cette modélisation.

La tendance de l'occupation géographique a diminué pour les huit espèces depuis la période critique, comme le montrent les figures 28 et 29, où la zone verte indique une probabilité d'occurrence plus élevée. Cependant, certaines espèces de poissons telles que *Labeo coubie*, *Marcusenius senegalensis*, *Polypterus senegalus* et *Synodontis schall* connaissent une augmentation de leur zone de répartition entre la période de référence et la période critique (Figure 28 a,c et Figure 29 e,f). La région sahélienne, à savoir le bassin du Niger, présente une très faible occurrence pour toutes les espèces. Cela peut s'expliquer par la raréfaction des précipitations, la plus faible abondance des réservoirs en comparaison aux autres bassins et le peu de recherches scientifiques menées sur les poissons dans cette partie du pays. Les poissons sont très sensibles aux variations de température et de précipitations, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux fluctuations des variables climatiques. Au fur et à mesure que les changements climatiques progressent, la distribution spatiale des poissons changera en conséquence. L'étude de ces changements de distribution pourrait avoir des implications importantes en termes de surveillance des écosystèmes. Dans le cadre de travaux futurs, il conviendrait d'étendre l'étude à d'autres pressions environnementales telles que les activités humaines comme l'utilisation des terres pour évaluer leurs impacts sur les populations de poissons.

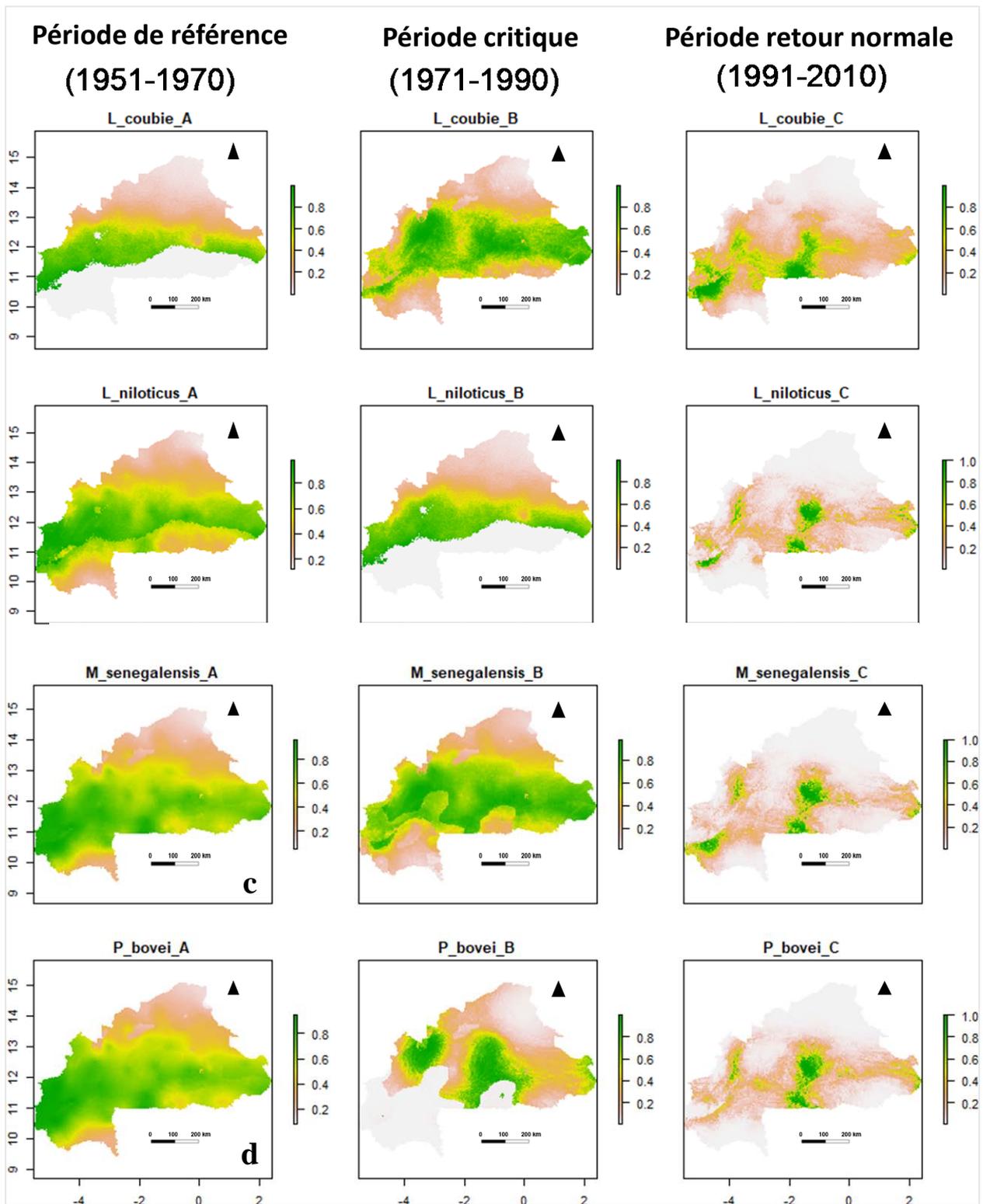


Figure 28 : Modèles de distribution passée de quelques poissons selon Maxent. Les barres d'échelle montrent la sortie logistique de Maxent, les valeurs les plus élevées (couleur verte) indiquent une plus grande probabilité d'occurrence des poissons et les valeurs faibles indiquent une faible probabilité d'occurrence des poissons (Source : Silga, 2021).

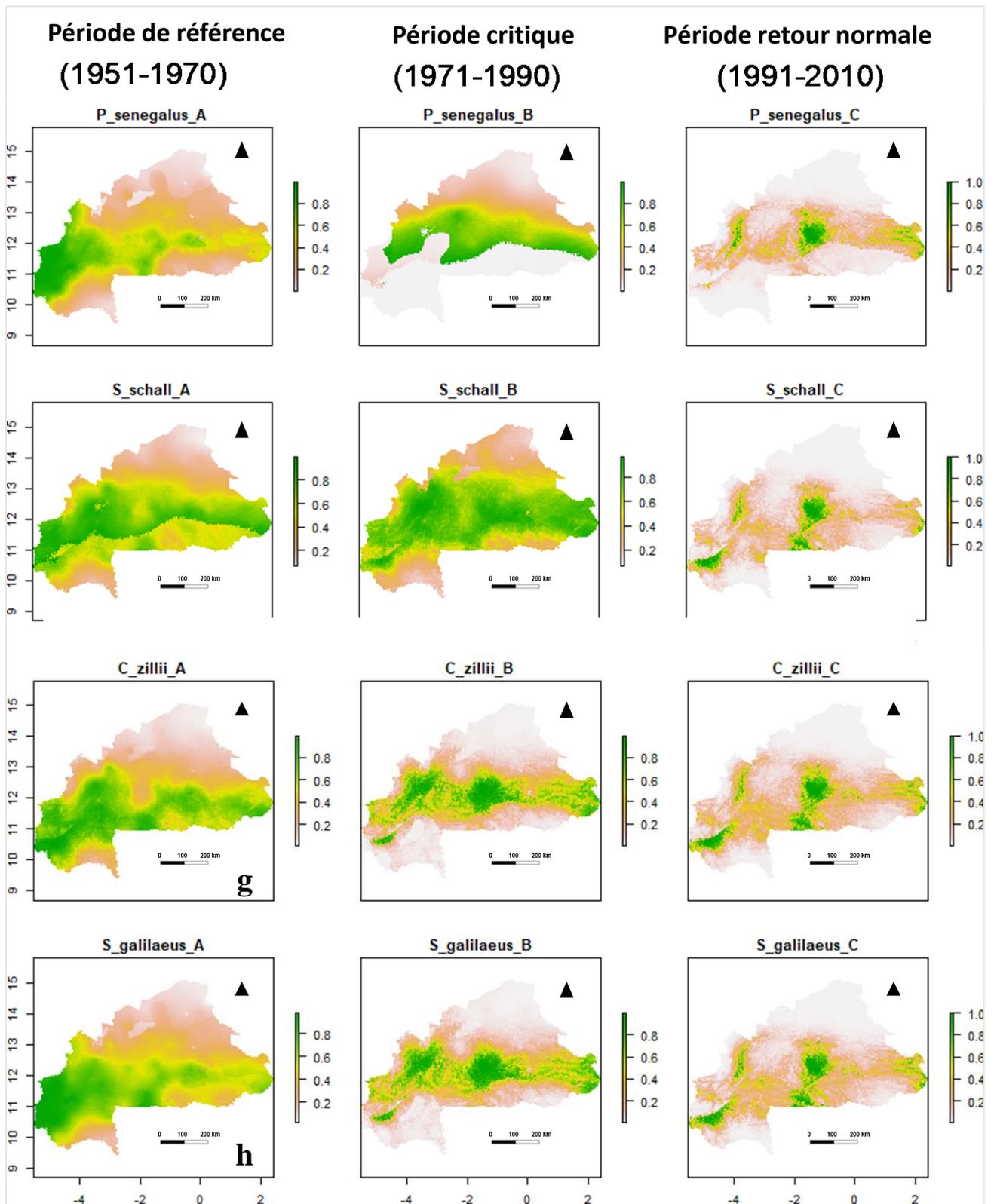


Figure 29 : Modèles de distribution passée de quelques poissons selon Maxent. Les barres d'échelle montrent la sortie logistique de Maxent, les valeurs les plus élevées (couleur verte) indiquent une plus grande probabilité d'occurrence des poissons et les valeurs faibles indiquent une faible probabilité d'occurrence des poissons (Source : Silga, 2021)

Chapitre 5 : Sites d'échantillonnage du projet SUSFISH

Komandan Mano et Paul Meulenbroek

Des données sur les poissons et les macroinvertébrés ont été collectées dans les deux sous-bassins de la Volta au Burkina Faso : le Nakanbé et le Mouhoun. Le bassin de la Volta couvre une superficie estimée à 400 000 km² et est partagé entre six pays d'Afrique de l'Ouest (Bene, 2007 ; Sanwidi, 2007). GIRE-BF (2001) découpe le bassin de la Volta en deux sous-bassins au Burkina Faso, le Nakanbé (ex Volta Blanche et l'ex Volta Rouge) et le Mouhoun (ex Volta Noire). Ce bassin couvre 63,1% (172 968 km²) de la superficie du pays. Le Nakanbé (81 932 km²) est un fleuve intermittent et est fortement endigué afin de stocker l'eau pour l'usage humain et animal (Cecchi et *al.*, 2007). Le bassin abrite 50% de la population nationale (GIRE-BF, 2001 ; Cecchi et *al.*, 2007). Le Mouhoun (92 000 km²) est un fleuve pérenne et le plus grand du pays. Il prend sa source dans le sud-ouest du pays, s'écoule d'abord vers le nord à travers la région de Bobo Dioulasso, où les précipitations dépassent 1 000 mm/an, rejoint le Sourou, puis tourne brusquement et s'écoule vers le sud à travers le pays et forme ensuite la frontière entre le Burkina Faso et le Ghana. La zone d'étude s'étend entre la vallée du Sourou au nord-ouest, le réservoir de Boura au sud-ouest (frontière du Ghana) et le réservoir de Bagré au sud-est. L'échantillonnage a eu lieu entre 2012 et 2014 et a été complété par des données précédemment collectées entre 2008 et 2009. Les zones d'échantillonnage ont été sélectionnées par un consortium composé de scientifiques de BOKU et des Institutions d'enseignement et de recherche du Burkina Faso ainsi que du Ministère en charge de l'environnement et de la Direction Générale des Ressources Halieutiques. Les critères décisifs pour la sélection des zones d'échantillonnage comprenaient : la disponibilité de l'eau, l'accessibilité, les différents facteurs de stress humains, la variabilité spatiale, la sécurité et les coûts de déplacement (SUSFISH, 2014). Au total, neuf zones d'étude ont été sélectionnées : Boura, Nazinga, Koubri, Koubri_Free, Kougri, Wayen, Bagré, Bobo et Sourou. Chaque zone a ensuite été subdivisée en différents sites. Un site est l'entité de tous les mésohabitats proches et accessibles. La figure 30 donne un aperçu de la localisation des zones d'échantillonnage. Ci-dessous, chaque zone d'échantillonnage est décrite, et des cartes détaillées des sites d'échantillonnage sont présentées. Au total, 637 emplacements d'échantillonnage (mésohabitats) ont été étudiés dans 72 sites d'échantillonnage.

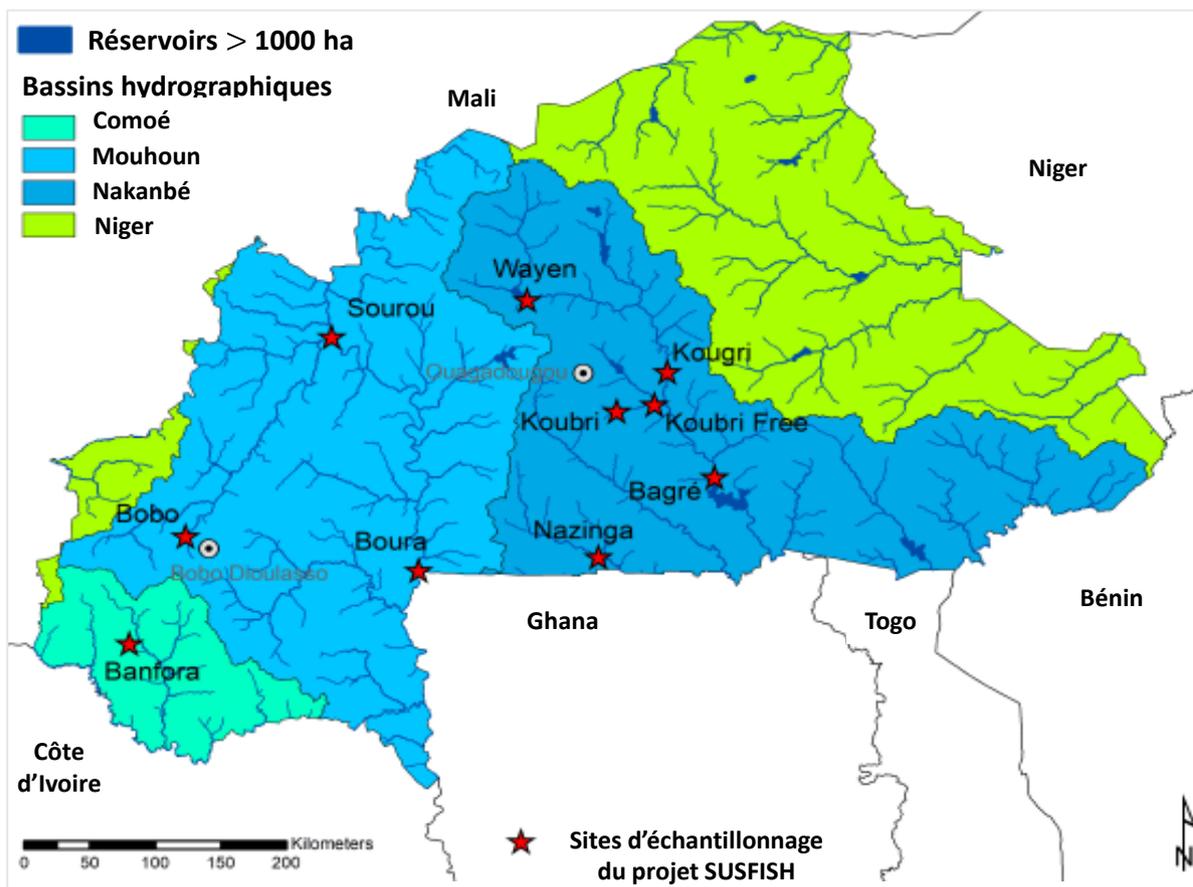


Figure 30 : Localisation des zones d'échantillonnage

Zones d'échantillonnage de Koubri et Koubri_Free

La zone de Koubri est située près du village de Koubri au sud et à 40 km au sud-est de Ouagadougou. Cette zone est constituée de la zone de retenue sur le cours principal de la rivière Nariale, un affluent de la rivière Nakanbé. Quatorze (14) réservoirs et leurs sections de raccordement ont été visités ; le plus ancien a été créé en 1960 et le plus jeune en 1988. Les tailles varient de 5 à 420 hectares. La zone d'échantillonnage était située entre les réservoirs Arzoum-Baongo à l'est et l'aval du réservoir PK25 à l'ouest. Sur la rive nord-est, on trouve les réservoirs de Tanvi, Napagtenga, Badnogo, Toyoko, Mogtedo, Zeguedse et Zakin et du côté sud-ouest, les réservoirs de Kogse, Gonse, Poedogo, Kagamzinse et Wedbila. Certains de ces réservoirs s'assèchent fréquemment pendant la saison sèche en raison de leur petite taille combinée à une évaporation élevée et au prélèvement d'eau pour l'irrigation. Cependant, les réservoirs de Arzoum Baongo, Naba Zana, Poedogo et Napagtenga ne s'assèchent pas complètement.

Les zones d'échantillonnage de Koubri_Free font partie de la rivière Nariale. Il s'agit de sites situés dans la section à écoulement libre entre le grand réservoir de Arzoum Baongo et le cours principal du Nakanbé. Depuis l'interruption des réservoirs Segda et Peele, cette partie est libre de barrières, et les poissons peuvent se déplacer librement le long de cette partie du Nariale. La zone de Koubri est caractérisée par une forte densité humaine et de nombreuses activités économiques telles que l'élevage et l'agriculture pluviale. En outre, l'agriculture irriguée connaît une augmentation continue en raison de la demande alimentaire

croissante et de l'économie en expansion de la ville de Ouagadougou. La partie nord de cette zone d'échantillonnage est maintenant incluse dans le périmètre périurbain officiel de Ouagadougou.

Zone d'échantillonnage de Kougri

La zone d'échantillonnage de Kougri englobe les tronçons à écoulement libre depuis le réservoir de Ziga en aval jusqu'à la section transversale Massili/Nakanbé et Loumbila. Elle est principalement caractérisée par des tronçons de rivière à écoulement libre. Entre juin et août, les réservoirs en amont sont remplis (Ziga et Loumbila), et cette zone a un débit continu. Pendant la saison sèche, elle s'assèche et seuls quelques points peuvent être observés dans les sections plus profondes. Cette zone soutient l'agriculture pluviale et l'élevage, et comme elle est moins peuplée que la zone de Koubri, la pression de l'irrigation y est moindre.

Zone d'échantillonnage de Bagré

Bagré est un village situé dans la région avale du Nakanbé, au sud du Burkina Faso, dans la province du Boulgou. En 1992, un réservoir a été créé sur le cours principal du Nakanbé autour du village de Bagré. Le but principal de la création du réservoir de Bagré était la production d'énergie hydroélectrique et l'irrigation. Il s'agit du plus grand réservoir du Burkina Faso avec une superficie de 25 500 hectares et une profondeur de 23,5 mètres en période de crue. Neuf sites, à savoir Beguedo (2 sites), Beguedo-Niagho, Niagho, Boussouma, Lenga, Fougou, Zangoula et Bankako ont été sélectionnés dans cette zone d'échantillonnage. Ils sont tous situés en amont de la retenue d'eau de Bagré à l'exception de Bankako. Les cours d'eau qui alimentent le réservoir présentent un débit continu pendant la saison des pluies. Le réservoir de Bagré soutient des activités telles que l'agriculture pluviale, la riziculture, l'élevage, la pêche, la pisciculture et l'irrigation. La population et les activités humaines devraient augmenter en raison de la mise en œuvre du programme de développement appelé "Pôle de Croissance de Bagré" (www.bagrepole.com).

Zone d'échantillonnage de Nazinga

Nazinga est une aire protégée située dans le sud du Burkina Faso, à la frontière avec la République du Ghana. Elle est située à 60 km de la ville de Pô et couvre 91 300 hectares. La forêt classée et Ranch de Gibier de Nazinga a été créée en 1979 sur une zone forestière qui était aménagée depuis 1953. Les principaux objectifs de gestion sont de protéger et de conserver la faune sauvage en contrôlant les impacts humains (par exemple, l'agriculture, la chasse et la pêche). Le ranch est traversé par trois ruisseaux saisonniers : Sissili, Dawevele et Nazinga. Onze (11) réservoirs ont été créés pour approvisionner la faune en eau. Les déversoirs construits sont de type latéral ou équipés de passe-à-poissons et peuvent ne pas bloquer la migration des poissons (Melcher et al., 2012). Cela a donné aux poissons la possibilité de coloniser le Ranch. Cependant, ils ont été négligés en tant que composante de la potentialité du Ranch et ont été peu étudiés avant 2010 (Ouédraogo, 2010).

Nazinga est relié à trois autres aires protégées : Le Parc National Kaboré-Tambi (PNKT) au nord, la zone de chasse de la Sissili au sud-ouest et la forêt classée de Nazinon à l'est. Les habitations humaines, les activités

agricoles, l'élevage et la déforestation sont interdits dans et à proximité du ranch. La pêche n'est autorisée que de décembre à avril et est strictement contrôlée. Ce statut de protection de Nazinga pourrait lui conférer le statut de zone de référence pour le Burkina Faso en comparaison avec d'autres zones qui connaissent des niveaux d'impact beaucoup plus élevés.

Zone d'échantillonnage de Boura

Boura est situé à la frontière entre le Ghana et le Burkina Faso. Le réservoir de Boura a été créé en 1983 sur un affluent du Mouhoun inférieur (Fowe et *al.*, 2015). Il fournit de l'eau à différents périmètres irrigués (environ 100 ha exploités par plus de 350 agriculteurs) (Poussin et *al.*, 2015). Toute la production de la pêche est absorbée par le marché local. Au cours de la présente étude, nous avons échantillonné aussi dans les affluents amont et dans la zone aval du réservoir. Nous avons également échantillonné dans le Mouhoun principal après le point de rencontre avec l'affluent de Boura. Bien qu'éloignés de Boura, les sites d'échantillonnage de Boromo et Ouessa situés sur le Mouhoun principal ont été inclus dans cette analyse.

Zone d'échantillonnage du Sourou

Le Sourou est situé au nord-ouest du Burkina Faso, le long de la frontière avec la République du Mali. La zone d'échantillonnage du Sourou couvre la vallée du Sourou, qui se trouve en partie au Mali et qui est aménagée pour l'agriculture. Plus de 10 000 hectares de surface d'eau sont disponibles pour la pêche et l'agriculture. La pêcherie du Sourou occupe la quatrième place en termes de production nationale de poissons, juste après les pêcheries de Kompienga, de Bagré et de Samendeni. En outre, le Sourou soutient des activités économiques telles que l'élevage, l'agriculture et l'irrigation. Bien qu'éloignés du Sourou, les sites d'échantillonnage de Lery, Doroula et Badala ont été pris en compte pour cette analyse.

Zone d'échantillonnage de Wayen

La zone d'échantillonnage de Wayen regroupe les sites appartenant au Nakanbé supérieur. Ces sites étaient situés en amont du réservoir de Ziga. Ils supportaient des activités humaines, telles que l'élevage, l'agriculture pluviale et la pêche. Des cultures maraîchères peuvent être observées dans certains sites. Pendant la saison sèche, les sites s'assèchent ou forment des points d'eau isolés dans les sections les plus profondes.

Zone d'échantillonnage de Bobo-Dioulasso

La zone d'échantillonnage de Bobo-Dioulasso est située dans la partie ouest du Burkina Faso et comprend la rivière Kou et la Réserve de Biosphère de la Mare aux Hippopotames. Cette réserve est située entre les latitudes 11°30' et 11°45' N et les longitudes 04°05' et 04°12' W. Le climat est de type soudanien avec des précipitations moyennes d'environ 1 000 mm par an. Les contraintes climatiques ont conduit à une immigration plus importante en provenance des zones plus sèches du nord, ce qui a entraîné une pression anthropique importante autour de la zone (agriculture extensive, surpâturage et pêche) (Dibloni et *al.*, 2010).

Le Kou est une rivière pérenne situé dans la partie ouest de Bobo-Dioulasso. Il appartient à la partie supérieure du fleuve Mouhoun et est partiellement alimenté par les eaux provenant des sources de Nasso/Guinguette (Tirogo et *al.*, 2016). Le Kou est impacté par les activités humaines, entre autres les cultures maraîchères, l'élevage, l'agriculture, la pêche ainsi que les loisirs.

Zone d'échantillonnage de Banfora

La zone d'échantillonnage de Banfora est située à la frontière avec la Côte d'Ivoire et le Mali, au sud-ouest du Burkina Faso, à environ 85 km de Bobo-Dioulasso et 450 km de Ouagadougou. Elle est caractérisée par un climat soudanien avec des précipitations d'environ 1000 mm qui se produisent en huit mois, de mars à octobre, avec trois mois enregistrant plus de 150 mm. Banfora est situé dans le sous-bassin de la Comoé et comprend plusieurs réservoirs artificiels (Moussodougou, Lobi, Banfora, Bounouna etc.), des lacs naturels (le lac Tengrela), de multiples rivières et zones humides et les cascades de Karfiguela. Une grande quantité d'eau de surface est disponible pour la pêche et l'agriculture. En outre, Banfora est le lieu d'importantes attractions touristiques (Cascades de Karfiguela, Hippopotames dans le lac Tengrela). Enfin, la région de Banfora est bien connue pour ses champs de canne à sucre. Les données sur les poissons et les macroinvertébrés ont été collectées dans des réservoirs de Moussodougou et de Bounouna, dans le lac Tengrela et également dans les sections de rivière Diarrabakoko et Karfiguela.

Chapitre 6 : Echantillonnage des macroinvertébrés

Adama Ouéda, Idrissa Kaboré, Otto Moog, Thomas Koblinger et Daniel Trauner

6.1. Méthodes d'échantillonnage, sites et habitats

Les données sur les invertébrés ont été compilées à partir de plusieurs études, mémoires de master et thèses : Guenda (1996), Ouéda (2009), Koblinger & Trauner (2013), Sanogo (2014), Kaboré (2016) et Ouédraogo (2018). Différentes méthodes ont été utilisées pour collecter des données quantitatives et qualitatives des invertébrés. Les macroinvertébrés ont été échantillonnés selon une approche d'échantillonnage multi-habitats, et le zooplancton selon une approche par transects (Ouéda, 2009). Tous les macroinvertébrés ont été collectés avec des filets à main et des filets Surber standard, tandis que le zooplancton a été collecté avec un filet à plancton, et les deux ont été identifiés en utilisant des manuels taxonomiques, des clés qui sont : Lévêque & Durand (1981), Merritt & Cummins (1984), Tachet *et al.* (2003) et de l'aide directe d'experts taxonomistes (Manfred Jach, Dr. Herbert Zettel, Dr. Albrecht Komarek et Dr. Simon Schneider du Musée d'Histoire Naturelle de Vienne, Dr. Andreas Reischütz, Dr. Wolfgang Graf et Thomas Huber du BOKU).

Zooplancton

Le prélèvement du plancton a été fait à l'aide de filet à plancton de maille inférieure ou égale à 100 µm en décrivant des lignes verticales, horizontales et obliques. Les échantillons obtenus ont été conservés dans du formol (5%) et analysés au microscope.

Annélides

Les annélides terrestres et aquatiques ont été isolés en prélevant une touffe de végétation et de terre que l'on agite dans l'eau d'un récipient. Les vers sont détachés du substrat et, après avoir retiré les plantes, les spécimens ont été collectés à la pipette. Les Tubificidae et autres doivent être collectés avec les sédiments à l'aide d'une drague ou d'une benne géologique. Les vers sont ensuite séparés du substrat par un tamis et examinés vivants si possible.

Mollusques

La stratégie d'échantillonnage multi-habitats (Barbour *et al.*, 1999) a été utilisée pour la grande majorité des sites d'étude. Ainsi, les Mollusques ont été échantillonnés soit avec un filet standard (cadre 25 × 25 cm, maille 500 µm), soit avec la benne géologique, soit par des collectes manuelles. La collecte manuelle est réalisée pendant une quinzaine de minutes sur les berges. Les échantillons prélevés ont généralement été triés sur le terrain, stockés dans de l'éthanol (90 %), mesurés puis identifiés au laboratoire.

Crustacés

Les crevettes et les crabes ont été échantillonnés avec un filet à main standard (cadre 25 × 25 cm, maille 500 µm). En outre, des spécimens de crevettes ont également été collectés lors de la pêche commerciale avec des pêcheurs locaux dans les sites d'étude. Tous les échantillons ont été conservés dans de l'éthanol (90 %) et identifiés au laboratoire.

Insectes

Différents mémoires de maîtrise et thèses de doctorat tels que Guenda (1996), Koblinger & Trauner (2013), Sanogo (2014) et Kaboré (2016) ont fourni des informations sur l'échantillonnage des invertébrés aquatiques en particulier, les insectes. En outre, une publication de Kaboré *et al.* (2016c) a examiné de plus près les familles des Dytiscidae, Noteridae et Hydrophilidae. Différents engins ont été utilisés pour la collecte de données faunistiques qualitatives et quantitatives. Les insectes ont été échantillonnés soit avec un filet à main standard (ouverture carrée : 25 cm × 25 cm, maillage : 500 µm), soit avec un filet Surber, soit avec la benne géologique suivant l'approche d'échantillonnage multi-habitats (Moog, 2007). Les échantillons ont été conservés dans de l'éthanol à 90% et tamisés au laboratoire. Les animaux ont été triés sous une loupe binoculaire et identifiés au niveau taxonomique le plus bas possible en se basant sur des manuels et des clés taxonomiques comme ceux de Lévêque & Durand (1981), Merritt & Cummins (1984), Tachet *et al.* (2003) et avec le soutien direct d'experts en taxonomie.

Recherche documentaire

Les informations et données ont été collectées dans la littérature comprenant des mémoires de master, DEA, des thèses de doctorat, des articles et des livres consultés dans des bibliothèques et sur internet.

Sites

Les sites d'échantillonnage des macroinvertébrés et des poissons sont les mêmes. Ceux-ci sont situés dans les zones de Koubri, *Koubri_Free*, Kougri, Bagré, Nazinga, Boura, Sourou, Wayen et Bobo-Dioulasso.

Habitats de la faune benthique

L'échantillonnage de la faune benthique a été réalisé dans différents micro-habitats des rivières, des lacs et des étangs comme décrit dans Kaboré (2016). Les micro-habitats échantillonnés sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Habitats des macroinvertébrés échantillonnés

Choriotopes biotiques	Cours d'eau	Réservoirs
Algue	Filamenteux et périphyton	Micro-algues et autres
Macrophytes	Plantes émergées, partie vivante de plante terrestre	Plantes submergées (<i>Nymphaea</i> ; <i>Eichhornia</i> ; <i>Lactuca</i>) et émergentes (roseaux)
Plantes aquatiques	Racines, branches, troncs d'arbres	Peu
Bois mort	Branches et troncs d'arbres	Branches et troncs d'arbres
COPM	Feuilles tombées	Déchets résiduels
FPOM	Détritus	Détritus
Bactéries et champignons	Oui	Oui
Choriotopes minéraux	Cours d'eau	Réservoirs
Mégalithique (> 40 cm)	Blocs rocheux, roche-mère	Bétons et autres produits
Macrolithique (20 cm – 40 cm)	Galets	
Mésolithique (6 cm – 20 cm)	Cailloux (pierres)	
Microlithique (2 cm – 6 cm)	Cailloux et graviers grossiers	
Alkal (0,2 cm – 2 cm)	Gravier	Alcalin
Psammal (6 µm – 2 mm)	Sable	Sable
Pelal (< 6 µm)	Boue	Boue

6.2. Biodiversité

Au total, 219 taxa d'insectes et plus de quarante (40) taxa de mollusques ont été collectés. Le zooplancton, les annélides et les crustacés sont bien représentés en termes de diversité (Tableau 6 à Tableau 10). Ces résultats montrent que la faune d'invertébrés est très diversifiée dans les plans d'eau du Burkina Faso. La conservation de la biodiversité nécessite une connaissance approfondie de la richesse spécifique. Les résultats obtenus encouragent l'utilisation des invertébrés comme bio-indicateurs dans les études d'impact environnemental, les études de diagnostic et le suivi écologique au Burkina Faso (Kaboré et al., 2016a). Le travail de collecte d'informations et de données doit se poursuivre pour permettre d'établir une liste taxonomique exhaustive des invertébrés.

Le zooplancton

Tableau 6 : Liste des genres de zooplancton collectés

EMBRANCHEMENT	CLASSES	ORDRES	FAMILLES	GENRES		
ARTHROPODES	Branchipodes	Diplostraca	Bosminidae	<i>Bosmina</i>		
				<i>Alona</i>		
			Chydoridae	<i>Chydorus</i>		
				<i>Leydigia</i>		
			Daphnidae	<i>Ceriodaphnia</i>		
				<i>Daphnia</i>		
			Macrothricidae	<i>Guernela</i>		
		<i>Macrothrix</i>				
	Moinidae	<i>Moina</i>				
		<i>Moinodaphnia</i>				
		Sididae	<i>Diaphanosoma</i>			
	Insectes	Diptères	Chaoboridae	<i>Chaoborus</i>		
Maxillopodes		Calanoïdes	Diaptomidae	<i>Tropodiaptomus</i>		
		Cyclopoides	Cyclopidae	<i>Macrocyclops</i>		
				<i>Mesocyclops</i>		
				<i>Neocyclops</i>		
				<i>Tropocyclops</i>		
CNIDAIRES	Hydrozoa	Limnomedusae	Olindiidae	<i>Limnocnida</i>		
ROTIFERES	Eurotatoria		Collothecaceae	Collothecidae	<i>Collotheca</i>	
			Flosculariaceae		Hexarthridae	<i>Hexarthra</i>
					Testudinellidae	<i>Pompholyx</i>
						<i>Testidunella</i>
					Troschosphaeridae	<i>Filinia</i>
					Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i>
			<i>Asplanchnopus</i>			
			<i>Anuraeopsis</i>			
			Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus</i>	
					<i>Keratella</i>	
					<i>Platyas</i>	
			Epiphanidae	<i>Epiphane</i>		
Gastropodidae	<i>Ascomorpha</i>					
	<i>Grastropus</i>					

	Lecanidae	<i>Lecane</i>
		<i>Ploesoma</i>
	Synchaetidae	<i>Polytharthra</i>
	Trichocercidae	<i>Trichocerca</i>
		<i>Trichotria</i>
	Trichotriidae	<i>Plygura</i>

Les annélides

Tableau 7 : Liste des genres d'annélides collectés

CLASSES	ORDRES	FAMILLES	GENRES
Clitellata	Haplotaxida	Acanthodrilidae	<i>Millsonia</i>
			<i>Dichogaster</i>
		Eudrilidae	<i>Legonea</i>
	Hirudinea	Hirudinea	<i>Hirudinea</i>

Les Mollusques

Tableau 8 : Liste des genres de Mollusques collectés

CLASSES	ORDRES	FAMILLES	GENRES	
BIVALVES	Unionoida	Etheridae	<i>Etheria</i>	
			<i>Aspatharia</i>	
		Iridinidae	<i>Chambardia</i>	
			<i>Mutela</i>	
		Unionidae	<i>Coelatura</i>	
	Veneroida	Sphaeridae	<i>Sphaerium</i>	
			<i>Eupera</i>	
	Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicuta</i>	
	GASTEROPODES	Architaenioglossa	Ampularidae	<i>Lanistes</i>
				<i>Pila</i>
Viviparidae			<i>Bellamyia</i>	
Hygrophila		Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	
		Planorbidae	<i>Biomphalaria</i>	
			<i>Bulinus</i>	
Sorbeoconcha		Paludomidae		<i>Cleopatra</i>
			<i>Potamoda</i>	
	Thiaridae	<i>Melania</i>		

Les Crustacés

Tableau 9 : Liste des genres de Crustacés collectés

CLASSES	ORDRES	FAMILLES	GENRES
MALACOSTRACA	Decapodes	Atyidae	<i>Caridina</i>
		Paleomonidae	<i>Macrobrachium</i>
		Gecarcinucidae*	-
		Potamonautidae	<i>Potamonautes</i>
OSTRACODA	Ostracodes	-	-

* N'a pas pu être identifié au-delà de l'ordre

Les Insectes

Tableau 10 : Liste des genres d'Insectes collectés

N°	ORDRES	FAMILLES	N°	ORDRES	FAMILLES	N°	ORDRES	FAMILLES	
1	Ephéméroptères	Baetidae	22	Hémiptères	Belostomidae	46	Trichoptères	Glossomatidae	
2		Ephemeridae	23		Hydrometridae	47		Limnephilidae	
3		Caenidae	24		Nepidae	48		Hydropsychidae	
4		Heptageniidae	25		Corixidae	49		Ecnomidae	
5		Leptophlebiidae	26		Gerridae	50		Polycentropodidae	
6		Oligoneuridae	27		Naucoridae	51		Philopotamidae	
7		Potamantidae	28		Notonectidae	52		Leptoceridae	
8		Tricorythidae	29		Pleidae	53		Hydroptilidae	
9		Polymitarcidae	30		Saldidae	54		Diptères	Simulidae
10		Taeniopterygidae	31		Veliidae	55			Ceratopogonidae
11	Plécoptères	Perliidae	32	Dytiscidae	56	Chaoboridae			
12	Lépidoptères	Pyralidae	33	Staphilinidae	57	Culicidae			
13	Orthoptères	Gryllotalpidae	34	Psephenidae	58	Ephydriidae			
14		Tridactylidae	35	Chrysomelidae	59	Anthomyidae			
15	Odonates	Chlorocyphyidae	36	Coléoptères	Noteridae	60	Syrphidae		
16		Aeshnidae	37		Elmidae	61	Muscidae		
17		Chlorolestidae	38		Hydrophilidae	62	Stratiomyidae		
18		Coenagriidae	39		Gyrinidae	63	Rhagionidae		
19		Corduliidae	40		Curculionidae	64	Tabanidae		
20		Gomphidae	41		Dryopidae	65	Limoniidae		
21		Libellulidae	42		Haliplidae	66	Psychodidae		
					43	Helodidae	67	Chironomidae	
					44	Scirticidae			
					45	Spercheidae			

Dytiscidae, Noteridae et Hydrophilidae

Kaboré et *al.* (2016c) a examiné de plus près la diversité et les réponses aux pressions environnementales des familles de coléoptères aquatiques notamment les Dytiscidae, Noteridae et Hydrophilidae. Les Coléoptères se trouvent souvent dans des habitats sensibles aux altérations humaines et peuvent donc être utilisés comme bioindicateurs de la qualité de l'eau (Sanchez et *al.*, 2006 ; Guareschi et *al.*, 2012). Dans cette étude, un total de 60 espèces de Coléoptères aquatiques a été identifié dans une variété d'habitats, la plupart appartenant aux familles des Dytiscidae (27), Hydrophilidae (22) et Noteridae (11). Il a été constaté que la typologie des plans d'eau et les habitats des plantes aquatiques sont les principaux déterminants de la distribution des espèces de Coléoptères aquatiques. La richesse en espèces la plus élevée a été trouvée dans les réservoirs couverts de végétation tandis que le niveau le plus bas a été trouvé dans les rivières avec une charge sédimentaire élevée. Les paramètres physico-chimiques tels que la température, la conductivité, le pH et l'oxygène dissous avaient en revanche moins d'influence sur la répartition des espèces (Kaboré et *al.*, 2016c).

6.3. Utilisation des résultats en limnologie et dans la gestion des ressources en eau

Les études sur les macroinvertébrés benthiques ont été entreprises dans le but de développer des outils de surveillance efficaces à l'évaluation de l'état écologique des écosystèmes aquatiques. Les travaux de Ouédraogo (2013) donnent un premier aperçu de l'influence des facteurs chimiques sur la distribution spatiale du zooplancton dans deux grands réservoirs urbains à Ouagadougou. Koblinger & Trauner (2013) ont fourni une des premières bases de données sur les macroinvertébrés. Sanogo (2014) a fait l'inventaire des macroinvertébrés de différents plans d'eau du bassin de la Volta en vue de l'identification de taxa bio-indicateurs dans une rivière du continuum effluent-barrage hydroagricole au Burkina Faso. Kaboré et *al.* (2016b) ont décrit la diversité, la composition et la structure des communautés de macroinvertébrés benthiques dans les rivières semi-arides du Burkina Faso. Tous ces auteurs ont enregistré une grande diversité de macroinvertébrés benthiques avec un total de 132 taxa appartenant à 57 familles regroupées sous 8 ordres d'Insectes. Les résultats ont révélé une forte corrélation entre les Diptères (Chironomidae, Syrphidae, Culicidae et Psychodidae), les Gastéropodes (escargots) et les nutriments organiques. Kaboré et *al.* (2016c) ont élargi les connaissances sur les invertébrés avec l'étude sur la diversité et l'écologie des Coléoptères plongeurs (Dytiscidae, Noteridae) et des Coléoptères aquatiques (Hydrophilidae) dans les rivières et réservoirs du Burkina Faso. L'étude a démontré l'importance de la végétation aquatique pour ce groupe d'animaux, qui avait été négligé jusqu'à présent. Parmi le nombre élevé de 60 espèces de Coléoptères aquatiques, 24 espèces ont été répertoriées pour la première fois au Burkina Faso. Ouédraogo (2018) a fourni des informations précieuses sur la diversité et la distribution des Mollusques. Kaboré et *al.* (2016a) ont exploré l'utilisation potentielle des communautés de macroinvertébrés pour la bio-évaluation aquatique dans les zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Sur 29 sites d'échantillonnage d'eaux courantes, 100 taxa appartenant à 58 familles ont été enregistrés. Les résultats ont montré que différents paramètres de diversité, de composition et de tolérance des communautés de macroinvertébrés, ainsi que les taxa

indicateurs présentent une sensibilité différentielle à différents niveaux de dégradation environnementale et une tendance suivant le gradient de l'intensité de l'impact humain. Une autre base importante pour le développement de la surveillance de l'eau est le travail de Kaboré et *al.* (2018). Cette étude a examiné les variables environnementales (physico-chimiques, hydro-morphologiques et utilisation des terres) de 44 sites d'investigation et a identifié des " critères *a priori* " au Burkina Faso pour décrire les conditions de référence qui sert de base solide pour le développement futur d'une méthodologie de bio-évaluation.

Chapitre 7 : Echantillonnage des poissons

Komandan Mano et Paul Meulenbroek

7.1. Méthodologie d'échantillonnage

L'échantillonnage des poissons a été réalisé dans les réservoirs et les sections de rivière du bassin supérieur de la Volta. Les poissons ont été collectés à la fois en période de hautes et basses eaux. Les plans d'eau ont été échantillonnés avec (i) les méthodes de pêche traditionnelles au filet maillant, au filet épervier et à la palangre et avec (ii) la pêche électrique. En principe, la pêche électrique, même à des fins scientifiques, ne se fait qu'après autorisation écrite du ministre en charge des ressources halieutiques. La pêche a été menée sur l'intégralité des petits plans d'eau tandis que dans les grands plans d'eau, elle a été partielle et à divers endroits. L'objectif était de couvrir tous les types d'habitats et de collecter une grande variété d'espèces. La pêche au filet épervier (Figure 34) et la pêche électrique (Figure 31) ont été largement utilisées au cours de cette étude. La pêche électrique a été réalisée avec le générateur portable ELT60-IIH en suivant les méthodes de Hans Grassl (Grassl, 2012). Le générateur a une puissance de 1,3 kW avec une tension variant entre 300 et 500 V. En raison de la faible conductivité en fin de saison pluvieuse, la pêche électrique a été réalisée avec 500 V. Chaque opération a été réalisée par au moins trois personnes : une pour porter et faire fonctionner le générateur, une pour collecter le poisson et la troisième assure la sécurité (Figure 31). La durée d'échantillonnage a été enregistrée et la superficie pêchée a été estimée de façon visuelle. La pêche électrique était toujours réalisée à pied.

Deux pêcheurs professionnels ont été recrutés pour pratiquer la pêche traditionnelle. Deux filets éperviers de maillage différents ont été utilisés. L'un avait 10 mm de côté de mailles et 4,3 m de diamètre et l'autre 25 mm de côté de mailles et 4,5 m de diamètre. Le nombre de jets a été noté. La plupart du temps, les pêcheurs se déplaçaient à pied, et pour certaines zones plus profondes, ils utilisaient une pirogue. Une vidéo est disponible dans laquelle feu Noufou Bonkougou (pêcheur avec 40 ans d'expérience) explique comment pêcher avec un filet épervier (<http://susfish.boku.ac.at/movies.htm>). Le filet maillant et la palangre étaient posés l'après-midi vers 17 heures et relevés le lendemain autour de 7 heures. A Nazinga, le filet maillant n'a été placé que pendant 1 à 2 heures à cause de la présence de nombreux crocodiles qui peuvent les détruire. Trois filets maillants ont été utilisés : le premier avait 30 mm de côté de maille, le deuxième 40 mm et le troisième 50 mm.

Lorsque cela était possible, la pêche électrique et la pêche au filet épervier étaient pratiquées sur le même site. Les différents spécimens de poissons pêchés ont été identifiés à l'aide de clés d'identification et leur taille mesurée à l'aide d'un ichtyomètre (Figure 32 & 33).



Figure 31 : Pêche électrique (Source : A. Melcher)



Figure 32 : Mesure morphométrique de *Malapterurus electricus* (Source : S. Stranzl)



Figure 33 : Capture et identification du poisson sur le terrain (Source : Melcher)



Figure 34 : Pêche au filet épervier (Source : Meulenbroek et al., 2019)

Identification des poissons

Un guide d'identification des espèces de poissons sur le terrain a été élaboré pour le projet. Il a été compilé sur la base de la liste des espèces de poissons du Burkina Faso, après une recherche documentaire. Les principaux documents de référence étaient des clés de détermination établies pour l'Afrique de l'Ouest à savoir Lévêque et *al.* (1990 ; 1992), Paugy et *al.* (2003a & b). Les poissons ont été regroupés par espèce, chaque spécimen a été pesé et sa longueur totale mesurée. Les poissons qui n'ont pas pu être identifiés sur le terrain, ont été conservés dans de l'alcool 70% pour identification ultérieure aux laboratoires (LBEA/UJKZ au Burkina Faso et au Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren/Belgique).

7.2. Liste des espèces de poissons rencontrées lors du projet SUSFISH

La première phase du projet SUSFISH a duré de novembre 2011 à novembre 2014. Durant cette période la collecte de données sur les poissons a commencé et de nombreuses zones ont été visitées et en particulier : la zone à forte densité en retenues d'eau de Koubri, le grand lac de barrage de Bagré et ses affluents en amont, les zones agricoles du Sourou et de Boura, la partie supérieure du Nakanbé (Wayen), la zone protégée de Nazinga et la partie supérieure du Mouhoun à savoir la zone de Bobo-Dioulasso, soit plus de 50 sites.

Dans cette première phase du projet, 44 788 individus ont été capturés appartenant à plus de 79 espèces de poissons regroupées dans 19 familles. La plupart des individus échantillonnés appartenaient aux familles des Cyprinidae et des Cichlidae. La figure 35 présente une liste de toutes les espèces trouvées. Les sites de capture des différentes espèces sont listés dans le tableau 11.

Après trois ans de collaboration fructueuse, une deuxième phase du projet (SUSFISH-plus) a été financée en tant que projet de suivi pour capitaliser les réalisations initiales. Durant cette phase, les zones de Bobo-Dioulasso, Banfora et Bourra ont été visitées pour l'échantillonnage. Certaines espèces de poissons, par exemple *Chromidotilapia güntheri*, *Petrocephalus soudanensis* et *Campylomormyrus tamandua* ont pu être ajoutées à la liste existante. Au-delà de la diversité, des informations importantes sur l'écologie des poissons ont été générées au cours de ces deux phases. Des travaux complémentaires sur l'utilisation de marqueurs génétiques pour l'identification sont en cours. Les données recueillies représentent des informations utiles pour la pêche durable dans les domaines de l'écologie aquatique.

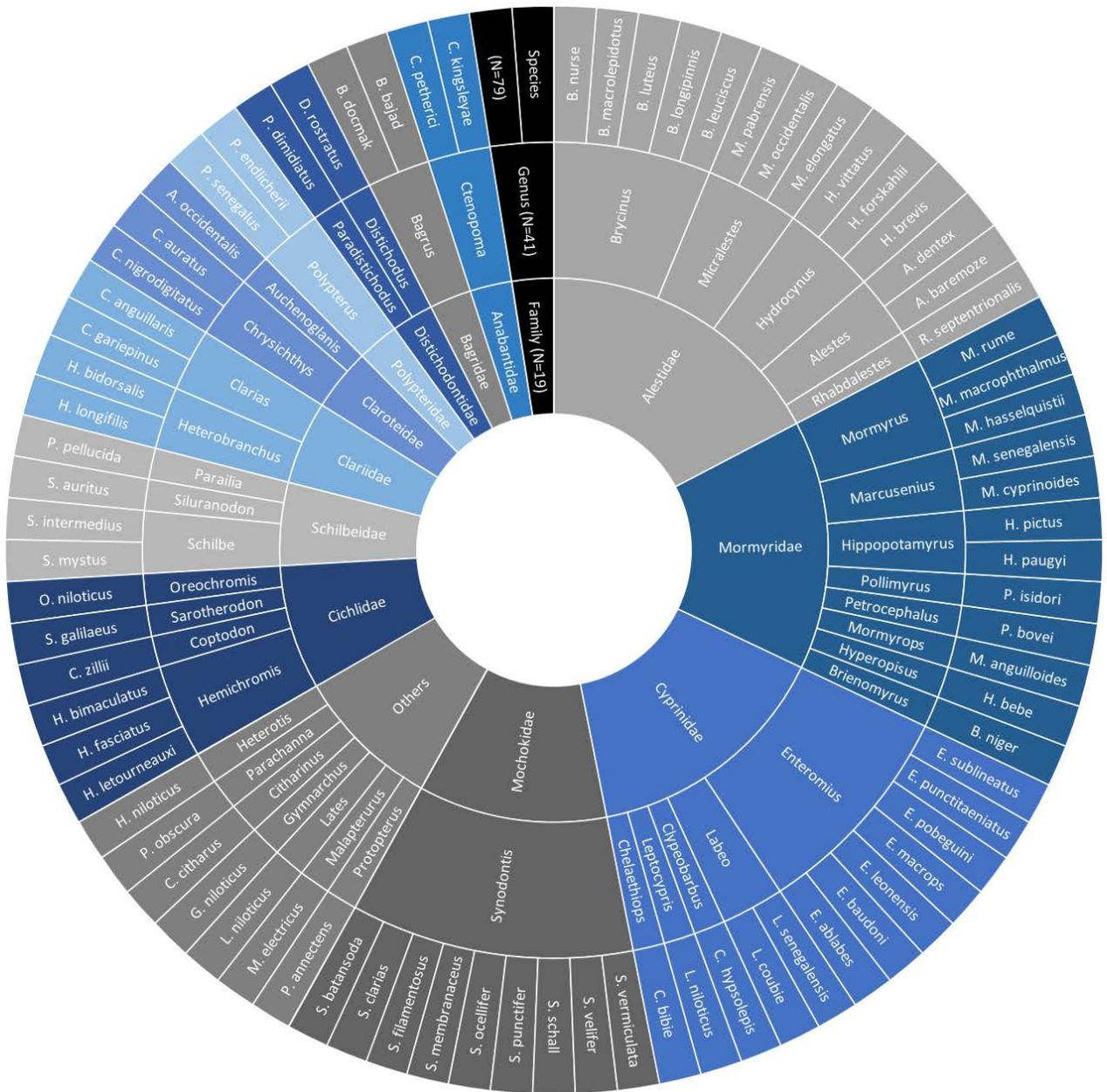


Figure 35 : Graphique illustrant les espèces (79), tous les genres (41) et toutes les familles (19) ; les familles de Channidae, Citharinidae, Gymnarchidae, Latidae, Malapteruridae, Protopteridae et Arapaimidae sont indiquées comme "autres"

Tableau 11 : Liste des espèces de poissons échantillonnées (n= 44 788 individus, * -indique la présence d'espèces dans la zone échantillonnée) (Mano, 2016)

Famille (N=19)	Genre (N=41)	Espèces (N=79)	Zones d'échantillonnage								Nombre d'occurrence	
			Bagré	Bobo	Boura	Koubri	Koubri_F	Kougri	Nazinga	Sourou		Wayen
Alestidae	<i>Alestes</i>	<i>A. baremoze</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	50
		<i>A. dentex</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	32
	<i>Brycinus</i>	<i>B. leuciscus</i>				*	*	*				3
		<i>B. longipinnis</i>	*		*		*	*	*	*		10
		<i>B. luteus</i>	*				*	*	*	*		27
		<i>B. macrolepidotus</i>							*	*		13
		<i>B. nurse</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	225
	<i>Hydrocynus</i>	<i>H. brevis</i>							*	*		2
		<i>H. forskahlii</i>			*		*		*	*		26
		<i>H. vittatus</i>							*			1
	<i>Micralestes</i>	<i>M. elongatus</i>							*			1
		<i>M. occidentalis</i>	*			*	*	*		*		15
<i>M. pabrensis</i>							*				1	
<i>Rhabdalestes</i>	<i>R. septentrionalis</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	81	
Cyprinidae	<i>Enteromius</i>	<i>E. ablaves</i>				*	*	*	*	*		117
		<i>E. baudoni</i>	*			*	*	*	*	*		17
		<i>E. leonensis</i>	*		*	*		*				23
		<i>E. macrops</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	323
		<i>E. pobeguini</i>	*			*		*				4
		<i>E. punctitaeniatus</i>						*				1
	<i>E. sublineatus</i>		*								9	
	<i>Chelaethiops</i>	<i>C. bibie</i>	*			*	*	*	*	*	*	85
	<i>Labeo</i>	<i>L. coubie</i>	*		*		*	*	*	*		47
		<i>L. senegalensis</i>	*		*			*	*	*		57
	<i>Leptocypris</i>	<i>L. niloticus</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	52
	<i>Clypeobarbus</i>	<i>C. hypsolepis</i>	*		*	*			*			8
Mormyridae	<i>Brienomyrus</i>	<i>B. niger</i>			*	*	*	*	*		12	
	<i>Hippopotamyrus</i>	<i>H. paugyi</i>							*		3	
		<i>H. pictus</i>	*		*	*	*		*		25	
	<i>Hyperopisus</i>	<i>H. bebe</i>	*			*	*	*	*	*	41	
	<i>Marcusenius</i>	<i>M. cyprinoides</i>								*		3
		<i>M. senegalensis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	92
	<i>Mormyrops</i>	<i>M. anguilloides</i>	*				*		*		3	
	<i>Mormyrus</i>	<i>M. hasselquistii</i>							*			5
		<i>M. macrophthalmus</i>			*				*	*		5
		<i>M. rume</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	43
<i>Petrocephalus</i>	<i>P. bovei</i>	*	*	*	*	*	*	*	*		54	
<i>Pollimyrus</i>	<i>P. isidori</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	43	
Mochokidae	<i>Synodontis</i>	<i>S. batensoda</i>								*		1
		<i>S. clarias</i>			*				*	*		14
		<i>S. filamentosus</i>							*			1
		<i>S. membranaceus</i>	*				*	*		*		22
		<i>S. ocellifer</i>					*	*				2
		<i>S. punctifer</i>				*						16
		<i>S. schall</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	135
		<i>S. velifer</i>	*						*			2
		<i>S. vermiculatus</i>							*			1
Cichlidae	<i>Hemichromis</i>	<i>H. bimaculatus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*		108
		<i>H. fasciatus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	66
		<i>H. letourneauxi</i>				*	*		*			19

	<i>Oreochromis</i>	<i>O. niloticus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	300
	<i>Sarotherodon</i>	<i>S. galilaeus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	305
	<i>Coptodon</i>	<i>C. zillii</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	269
Clariidae	<i>Clarias</i>	<i>C. anguillaris</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	134
		<i>C. gariepinus</i>				*	*		*				95
	<i>Heterobranchus</i>	<i>H. bidorsalis</i>						*	*				15
		<i>H. longifilis</i>							*				2
Schilbeidae	<i>Parailia</i>	<i>P. pellucida</i>	*	*			*	*					17
	<i>Schilbe</i>	<i>S. intermedius</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	112
		<i>S. mystus</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	*	32
	<i>Siluranodon</i>	<i>S. auritus</i>			*	*	*				*		11
Claroteidae	<i>Auchenoglanis</i>	<i>A. occidentalis</i>	*			*	*	*	*	*	*		43
	<i>Chrysichthys</i>	<i>C. auratus</i>	*		*	*	*	*			*		20
		<i>C. nigrodigitatus</i>	*			*	*	*					22
Anabantidae	<i>Ctenopoma</i>	<i>C. kingsleyae</i>		*	*	*	*	*	*	*			34
		<i>C. petherici</i>					*						4
Bagridae	<i>Bagrus</i>	<i>B. bajad</i>	*		*		*	*	*	*	*	*	49
		<i>B. docmak</i>	*				*	*	*				18
Distichodontidae	<i>Distichodus</i>	<i>D. rostratus</i>	*		*			*	*	*			22
	<i>Paradistichodus</i>	<i>P. dimidiatus</i>		*	*						*		10
Polypteridae	<i>Polypterus</i>	<i>P. endlicherii</i>								*			4
		<i>P. senegalus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	27
Arapaimidae	<i>Heterotis</i>	<i>H. niloticus</i>		*							*		7
Channidae	<i>Parachanna</i>	<i>P. obscura</i>		*	*								7
Citharinidae	<i>Citharinus</i>	<i>C. citharus</i>							*				2
Gymnarchidae	<i>Gymnarchus</i>	<i>G. niloticus</i>		*							*		3
Latidae	<i>Lates</i>	<i>L. niloticus</i>	*		*	*	*	*	*	*	*		79
Malapteruridae	<i>Malapterurus</i>	<i>M. electricus</i>		*		*	*	*	*	*	*		7
Protopteridae	<i>Protopterus</i>	<i>P. annectens</i>		*	*	*							16
Total N espèces			42	23	39	42	49	49	58	45	19		
Total N genres			29	21	30	29	33	31	33	32	18		
Total N familles			12	15	15	13	13	14	15	15	9		

En outre, dans le cadre de ce projet, Meulenbroek et *al.* (2019) ont proposé que ces communautés de poissons soient regroupées en quatre types distincts, chacun étant dominé par une famille, soit Cichlidae, Clariidae, Cyprinidae ou Alestidae et accompagné par d'autres familles et genres spécifiques de poissons. De plus, les préférences d'habitat et la sensibilité aux pressions humaines sont décrites dans cette étude.

7.3. Étude de la biodiversité moléculaire

Nikolaus Schobesberger et Harald Meimberg

La détermination moléculaire peut servir d'outil complémentaire pour mener à bien un suivi et une évaluation standardisés des stocks de poissons (Hebert et *al.*, 2003). Le codage à barres de l'ADN s'est avéré être un outil efficace pour montrer la divergence entre des espèces qui peuvent sembler morphologiquement indiscernables (Kneibelsberger et *al.*, 2015). Il peut être utilisé pour détecter la diversité des espèces ou révéler des incohérences taxonomiques chez les poissons du Burkina Faso (Meulenbroek, 2013). La création d'une bibliothèque de référence de codes-barres ADN permet d'obtenir une vue d'ensemble des taxa sélectionnés. En outre, le patrimoine génétique des espèces de poissons peut être comparé entre les deux bassins versants du Mouhoun et de la Comoé en déterminant les différences dans les haplotypes.

Méthodes de codage de l'ADN

Divers sites dans deux bassins versants différents ont été visités : le Mouhoun (autour de la ville de Bobo-Dioulasso et dans la région de Boura) et la Comoé (autour de la ville de Banfora). Les sites ont été choisis en fonction de l'accessibilité et des études précédentes. Pour la détermination des haplotypes dans les deux bassins versants, les poissons collectés ont été identifiés jusqu'au niveau espèce et conservés dans de l'alcool à 70% comme préconisé par Stein et *al.* (2013). Les échantillons d'ADN ont été prélevés à l'aide de pinces sur les nageoires pectorales des gros poissons et les tissus musculaires des petits, sur les muscles dorso-latéraux comme décrit par Kneibelsberger et *al.* (2015) pour un minimum de 10 spécimens par espèce et par site. Au laboratoire, des amorces (VF2_t1 [CAACCAACCACAAAGACATTGGCAC], VR1_t1 [TAGACTTCTGGGTGGCCAAAGAATCA], Ward et *al.*, 2005) pour l'amplification par réaction en chaîne par polymérase (PCR) (Meimberg et *al.*, 2016) ont été déterminées à l'aide de l'outil BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) (Altschul et *al.*, 1997). Une bibliothèque d'ADN du génome mitochondrial a été créée par séquençage Illumina à l'aide du kit ThruPLEXR DNaseq (Meimberg et *al.*, 2016) et analysée avec des scripts python fournis par le Dr Manuel Curto (Université des Sciences de la Vie de Vienne, Institut de recherche intégrée sur la conservation de la nature). La fiabilité et la performance des amorces utilisées pour la détermination de divers genres de poissons ont été contre-vérifiées en comparant les données de séquençage à la bibliothèque BLAST dans BOLD (Barcode Of Life Data System) et NCBI (National Centre for Biotechnology Information). Les séquences requises ont été concaténées et les haplotypes alignés ont été créés et traités dans Geneious 9.2.3 (<https://www.geneious.com/>) et PopART (<http://popart.otago.ac.nz/index.shtml>, Bandelt et *al.*, 1999) pour vérifier les lacunes et les données manquantes. Une phylogénie de maximum de vraisemblance a été calculée (PhyML 3.0) et des réseaux de portée minimale ont été sélectionnés pour visualiser la relation au sein des espèces. Pour l'identification des

espèces, la région COI (sous-unité 1 du cytochrome oxydase) a été sélectionnée et comparée à la base de données Chordata BINs (<http://www.boldsystems.org/>) en utilisant Geneious 9.2.3 (<https://www.geneious.com/>).

Liste des espèces basée sur l'identification morphologique

Un total de 411 poissons a été capturé soit 112 dans le bassin versant de la Comoé et 299 dans le Mouhoun. Quatorze (14) familles réparties en 27 genres ont été capturées et 33 espèces ont pu être déterminées morphologiquement. La famille la plus diversifiée était celle des Alestidae avec 8 espèces, la deuxième plus diversifiée était celle des Cichlidae avec 6 espèces. Dans le bassin versant de la Comoé, 12 espèces ont été capturées, tandis que dans le Mouhoun le nombre d'espèces était de 29 (Tableau 12). La famille la plus abondamment représentée est celle des Cichlidae avec 177 individus suivie des Alestidae avec 116 individus. Des espèces rares comme *Petrocephalus soudanensis*, *Synodontis membranaceus*, *Auchenoglanis occidentalis*, *Ctenopoma kingsleyae*, *Bagrus bajad* et *Heterotis niloticus* n'ont été capturées qu'une seule fois (Tableau 11).

Marqueurs mitochondriaux pour l'identification des haplotypes

Afin de vérifier l'identification des poissons et de déterminer les différences potentielles entre les deux bassins versants, les différences entre les haplotypes mitochondriaux des espèces de poissons ont été étudiées. Cette étude est traditionnellement réalisée en utilisant la région mitochondriale COI comme code-barres de l'ADN, ce qui a également été appliqué dans l'étude (Hebert et al., 2004, Kneibelsberger et al., 2015). En outre, une gamme plus large de marqueurs a été incluse pour développer un ensemble de données plus complet sur les haplotypes, en particulier pour comparer les deux bassins (Amin et al., 2015). Trente-trois (33) marqueurs ont été construits couvrant l'ensemble du génome mitochondrial en comparaison avec *Oreochromis niloticus*. Le séquençage de tous les *loci* et les échantillons ont été effectué en utilisant l'approche *Illumina* et sont actuellement en cours d'analyse. A ce jour, les séquences COI de 194 individus sont disponibles et ont été analysées (Figure 36). Un arbre phylogénique a été construit à partir des séquences de la région de codage à barres COI et les identités des haplotypes en sont déduites.

Tableau 12 : Liste des espèces de poissons dans trois zones d'échantillonnage appartenant à deux bassins hydrographiques (Source : Schobesberger, 2020)

Famille (N=14)	Genre (N=27)	Espèces (N=33)	Echantillonnage (N=2)			Nb de poissons par espèce
			Zone d'échantillonnage (N=3)			
			Comoé	Mouhoun		
Banfora	Bobo	Boura				
Alestidae	<i>Brycinus</i>	<i>B.</i>		1	2	3
		<i>B. nurse</i>		17	7	24
	<i>Micralestes</i>	<i>M. occidentalis</i>		7		7
		<i>M. sp.</i>			2	2
	<i>Rhabdalestes</i>	<i>R.</i>		12	1	13
	<i>Enteromius</i>	<i>E. macrops</i>	14	17	10	41
		<i>E. sublineatus</i>		14		14
	<i>Labeo</i>	<i>L. senegalensis</i>	1		5	6
<i>L. sp.</i>			1		1	
<i>Raiamas</i>	<i>R. senegalensis</i>		3		3	
Alestidae sp.				2	2	
Mormyridae	<i>Hippopotamyrus</i>	<i>H. pictus</i>			2	2
	<i>Marcusenius</i>	<i>M. senegalensis</i>	3			3
	<i>Petrocephalus</i>	<i>P. soudanensis</i>			1	1
Mochokidae	<i>Synodontis</i>	<i>S.</i>			1	1
		<i>S. nigrita</i>		12	18	30
		<i>S. punctifer</i>		2		2
		<i>S. schall</i>			12	12
Cichlidae	<i>Chromidotilapia</i>	<i>C. güntheri</i>	6			6
	<i>Coptodon</i>	<i>C. zillii</i>	18	13	9	40
	<i>Hemichromis</i>	<i>H. bimaculatus</i>	7	9	11	27
		<i>H. fasciatus</i>	17	7	10	34
	<i>Oreochromis</i>	<i>O. niloticus</i>	16	5	14	35
<i>Sarotherodon</i>	<i>S. galilaeus</i>	11	11	13	35	
Claroteidae	<i>Auchenoglanis</i>	<i>A. occidentalis</i>			1	1
	<i>Chrysichthys</i>	<i>C. auratus</i>	10	1	2	13
		<i>C. sp</i>	1			1
Distichodontidae	<i>Distichodus</i>	<i>D. rostratus</i>			1	1
	<i>Paradistichodus</i>	<i>P. dimidiatus</i>		4	9	13
Clariidae	<i>Clarias</i>	<i>C. anguillaris</i>		8	3	11
		<i>C. sp</i>	1	1		2
Schilbeidae	<i>Schilbe</i>	<i>S. intermedius</i>		12		12
Anabantidae	<i>Ctenopoma</i>	<i>C. kingsleyae</i>		1		1
Bagridae	<i>Bagrus</i>	<i>B. bajad</i>			1	1
Polypteridae	<i>Polypterus</i>	<i>P. endlicherii</i>			2	2
Arapaimidae	<i>Heterotis</i>	<i>H. niloticus</i>	1			1
Channidae	<i>Parachanna</i>	<i>P. obscura</i>		2		2
Latidae	<i>Lates</i>	<i>L. niloticus</i>	6			6
Total N espèces			33			
Total N genres			27			
Total N familles			14			
Total N spécimens			411			

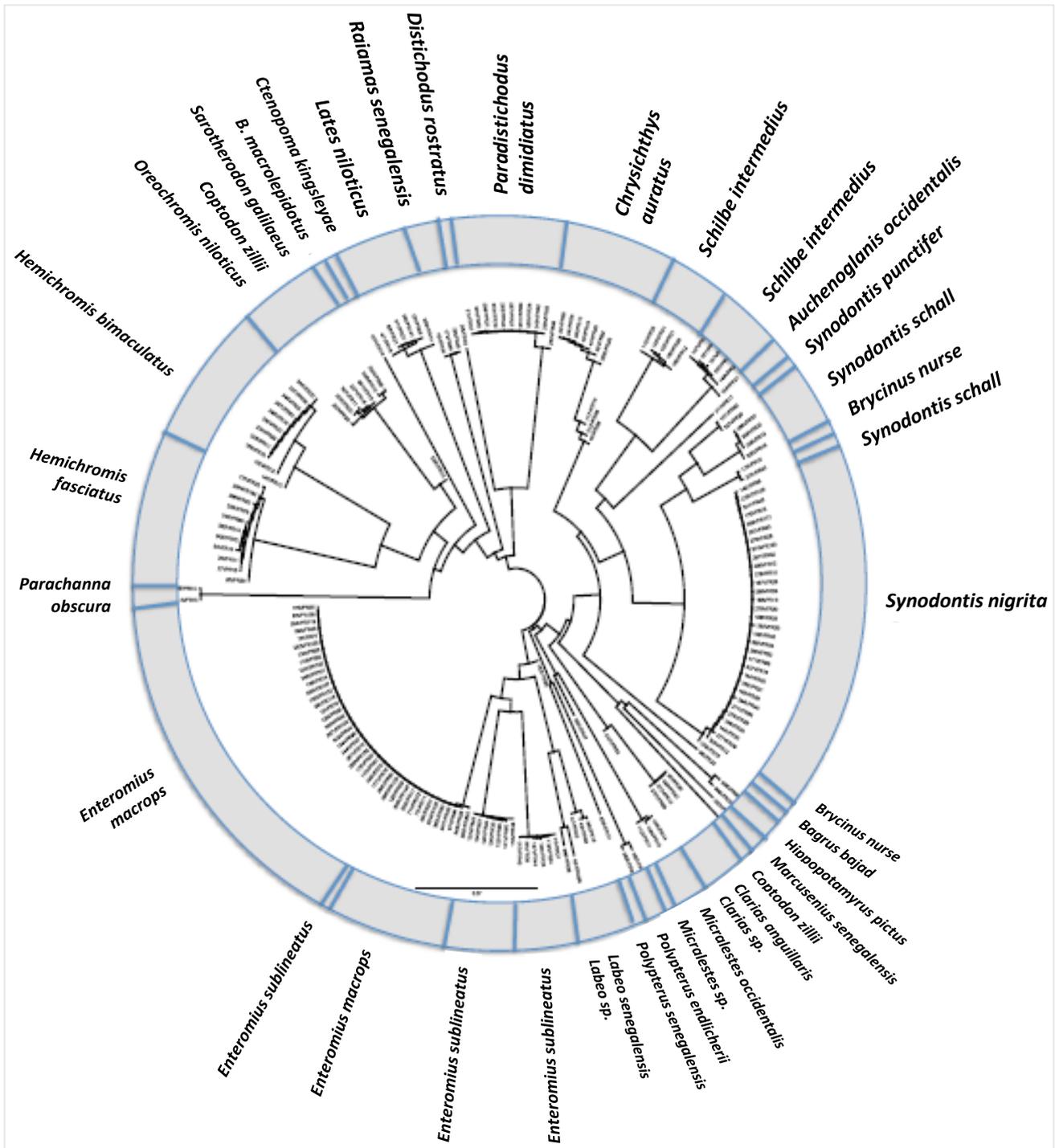


Figure 36 : Arbre de voisinage à partir des séquences COI de 194 échantillons collectés dans les bassins versants du Mouhoun et de la Comoé. Les espèces ne sont pas encore incluses : *Rhabdalestes septentrionalis*, *Chromidotilapia güntheri*, *Petrocephalus soudanensis*, *Alestidae sp.* et *Heterotis niloticus*

L'haplotype de la plupart des espèces forme une branche terminale indiquant une affectation claire des espèces. Chez les Cichlidés, des espèces différentes espèces peuvent présenter des haplotypes très similaires. La famille des Cichlidés semble être représentée par trois clades distincts. Deux incluent le genre *Hemichromis* avec les deux espèces *H. fasciatus* et *H. bimaculatus* chacune sur un clade mais comprenant plusieurs haplotypes proches. La troisième branche comprend trois espèces : *Oreochromis niloticus*, *Coptodon zillii* et *Sarotherodon galilaeus*, (sous-famille Pseudocrenilabrinae) qui partagent un clade d'haplotypes, indiquant une faible structure génétique entre les espèces concernant l'ADN mitochondrial.

Ceci indique la possibilité d'une hybridation occasionnelle entre les trois espèces qui étaient auparavant traitées comme congénères (Tibihika et al., 2019). *Ctenopoma kingsleyae* et *Parachanna obscura* de l'ordre des Anabantiformes sont présents dans des branches distinctes voisines des Cichlidés. Un individu de *C. zillii* est positionné en s'écartant de ces clades, parce qu'il a un haplotype propre différencié par une distance élevée du voisin suivant, l'individu a probablement été mal identifié. Des haplotypes partagés entre des espèces proches ont également été identifiés pour les espèces *E. macrops* et *E. sublineatus* avec un individu. Cela peut être dû à une mauvaise identification ou à un échange génétique occasionnel. Quatre espèces présentent une différenciation des haplotypes dépassant la distance normalement associée aux différences inter-spécifiques. Les échantillons de *Enteromius sublineatus* forment un groupe avec deux haplotypes clairement différenciés d'environ 12% de divergence de séquence. Il en est de même pour *Schilbe intermedius*. Dans les deux cas, les deux groupes se trouvent dans un même bassin versant, indiquant l'existence d'espèces sympatriques supplémentaires qui n'ont pas été reconnues morphologiquement. *Chrysiichthys auratus* forme deux groupes d'haplotypes qui sont corrélés aux deux bassins versants, ce qui pourraient indiquer une différenciation entre eux. *Synodontis schall* est également divisé en deux groupes. Les Synodontidae apparaissent donc comme quatre groupes alors que seulement trois sont identifiés morphologiquement. Ainsi, *Synodontis punctifer* et *Synodontis nigrita* représentent chacun un groupe. Les positions des individus de *Brycinus nurse* dans ces groupes sont probablement erronées.

La différenciation des haplotypes entre les bassins versants d'un groupe d'espèces doit être analysée plus en détail. Jusqu'à présent, nous pouvons confirmer l'abondance et la présence de 33 espèces morphologiquement déterminées, en plus de 4 espèces non encore reconnues. Dans la suite du projet, des séquences pour tous les échantillons seront générées.

Chapitre 8 : Aspects socio-économiques

8.1. Gouvernance et stratégies de gestion

Vincent-Paul Sanon, Pousga Alphonse Kiendrebeogo et Patrice Toé

La gestion de l'environnement exige une gouvernance adéquate (Perrot, 1989) et les institutions sont les moyens par lesquels la société établit, façonne et met en œuvre cette gouvernance. Les institutions sont d'une grande importance dans la gestion des ressources naturelles car elles établissent les conditions et les règles pour accéder à ces ressources. Elles influencent également la prise de décision et le type de pratiques qui sont autorisées (Nunan et *al.*, 2015). Ce chapitre donnera un aperçu de la gestion de la pêche au Burkina Faso en se basant sur des études menées dans la partie ouest du Burkina Faso.

Les types de pêche et gestion des pêcheries au Burkina Faso

La pêche est exclusivement artisanale (Zerbo et *al.*, 2013). Cependant, le Code Forestier en vigueur au niveau national depuis 1997 reconnaît quatre types de pêche qui se distinguent par leur finalité : (i) la pêche commerciale à but lucratif, donnant lieu à la vente de tout ou partie de la capture, (ii) la pêche de subsistance ou coutumière destinée à la consommation familiale et ne fait pas objet de vente, (iii) la pêche sportive ou de loisir pratiquée à des fins non lucratives et (iv) la pêche scientifique ou pédagogique pratiquée pour l'étude des ressources halieutiques.

En outre, le Code Forestier prévoit quatre systèmes de gestion :

- ✓ la concession de pêche qui est appliquée aux petits et moyens plans d'eau. C'est le contrat à titre onéreux par lequel l'Etat confie à une personne physique ou morale de droit privé, l'exploitation exclusive des ressources halieutiques de tout ou partie d'un plan d'eau (Assemblée des Députés du Peuple, 1997a ; Assemblée Nationale, 2011). De telles concessions ont été mises en place pour les réservoirs de Bapla, Lera, Moussodougou et Tandjari. Le droit d'exploitation est acquis au prix de 3000 FCFA/ha/an (environ 4,50 Euros) ;
- ✓ les Périmètres Halieutiques d'Intérêt Economique (PHIE) sont constitués de plans d'eau de plus de 5 000 hectares en période d'étiage qui ont une importance économique significative et dont les ressources halieutiques sont menacées de surexploitation (Assemblée des Députés du Peuple, 1997a, 1997b). Dix pêcheries dont les lacs de Bagré, Kompienga, Sourou, Ziga, Bam, Yakouta, Sirba, Toesse, Douna et Samendeni ont été érigées en PHIE. Ils sont soumis à des accords de cogestion, où les parties prenantes, notamment les communautés de pêche, les services techniques décentralisés, les autorités locales, les autorités traditionnelles, les ONG et les institutions de micro-finance participent au processus de décision au sein d'un comité présidé par le gouverneur de la région. La pêche nécessite un permis de pêche spécifique à chaque PHIE ;

- ✓ la gestion dans les aires protégées est typique aux zones de protection de la faune et des forêts classées. Les pêcheries de cette catégorie comprennent Arly, Pendjari et Nazinga ;
- ✓ l'accès libre comprend toutes les autres pêcheries.

Au Burkina Faso, environ 11 778 ménages ont au moins une activité liée à la pêche (Zerbo et *al.*, 2013). Les acteurs directement impliqués dans la pêche sont estimés à 41 366 (à l'exception des commerçants d'intrants et d'équipements de pêche ainsi que des pisciculteurs). Ces acteurs directs sont constitués de :

- ✓ pêcheurs (32 699), dont 14% de femmes ;
- ✓ transformateurs (2 983), dont 82% de femmes ;
- ✓ mareyeurs (3 375), dont 54% de femmes ;
- ✓ commerçants de poisson fumé (2 309), dont 66 % sont des femmes.

Les pêcheurs étrangers sont autorisés dans toutes les pêcheries : 90% des ménages de pêcheurs sont burkinabè, 10% viennent des pays voisins (Zerbo et *al.*, 2013). Le prix des permis de pêche varie selon l'âge, la nationalité et le type de pêche. La redevance du permis de pêche varie entre 8000 FCFA et 30000 FCFA selon les catégories (MEE et MEF, 2003).

Mise en œuvre et contraintes de la gouvernance des pêches

La mise en œuvre globale des systèmes de gestion des pêches tels que décrits ci-dessus est attribuée au ministère en charge des ressources halieutiques. Les services déconcentrés de ce ministère participent à l'élaboration des plans de gestion, contrôlent la réglementation et responsabilisent les communautés de pêche. En plus, ils fournissent les permis de pêche et les licences pour le commerce du poisson. Cependant, une série de changements institutionnels attribuant la gestion de la pêche à différents Ministères (tableau 1) (Bouda, 2002 ; Toé et Sanon, 2015 ; Kiendrebéogo, 2018 ; MRAH et MIR, 2018) a affaibli la mise en œuvre de la réglementation (Toé et Sanon, 2015 ; Kiendrebéogo, 2018). L'irrégularité de la police des contrôles entraîne l'utilisation d'engins de pêche non conformes à la réglementation (Fofana, 2018). Il y a deux modes conflictuels de gestion des ressources naturelles dont les ressources halieutiques : l'approche républicaine et l'approche coutumière (Bouda, 2002 ; Toé et Sanon, 2015 ; Kiendrebéogo, 2018). Si les pêcheurs peuvent se prévaloir d'un permis de pêche accordé par la législation nationale, ils doivent composer avec les autres usagers qui s'appuient sur des règles ancrées dans les traditions qui donnent la propriété de l'eau aux populations riveraines. Ainsi, les autorités traditionnelles et le droit coutumier ont encore une légitimité dans les communautés rurales où les gens s'y fient pour résoudre leurs problèmes, notamment pour garantir leur accès aux ressources. A côté des institutions modernes, les chefs traditionnels jouent un rôle dans la gestion actuelle de la pêche (tableau 1). Par exemple, ils sont sollicités pour accomplir leurs coutumes traditionnelles sur l'eau telles que celles présentées dans le tableau 13, notamment dans les cas de noyades, de sacrifices ou pour faire respecter les règles traditionnelles relatives à l'eau ou à la pêche. En outre, leur aide est parfois sollicitée par les pêcheurs ou les autorités nationales pour assurer l'acceptation régionale des mesures de

protection des ressources. Cela montre que les autorités traditionnelles ont toujours une influence sur la gestion des pêches (Toé et Sanon, 2015).

Tableau 13 : Intervention des chefs traditionnels : dans la gestion de la pêche (Source : Toé et Sanon, 2015)

Villages	Interventions des pouvoirs traditionnels
Moussodougou	Coutumes de l'eau Sacrifices en cas de noyade Participation au sacrifice des pêcheurs Interdiction de cultiver sur le bord du réservoir Sanctions pour les pêcheurs illégaux Autorisation donnée aux pêcheurs Bozo Interdiction de la pêche le vendredi Président du comité de gestion de la pêche (CGP)
Tengrela	Coutumes de l'eau Sacrifices en cas de noyade Participation des pêcheurs aux sacrifices
Tiéfora	Coutumes de l'eau Sacrifices en cas de noyade Nomination du président des pêcheurs Autorisation pour augmenter le prix du poisson Expulsion des pêcheurs étrangers

Légitimité et pouvoir dans la gouvernance des pêches

La gouvernance des ressources naturelles implique la prise en compte des perceptions des acteurs et repose sur des principes de négociation, par exemple pour l'inclusion et l'exclusion des acteurs dans l'accès aux ressources au fil du temps. Dans le système traditionnel fréquemment en œuvre avant la construction des barrages, la pêche est étroitement liée à l'utilisation et à la gestion de l'eau. Elle nécessite la préservation de la ressource et surtout l'harmonie sociale avec les forces surnaturelles. Par conséquent, les chefs traditionnels sont des acteurs forts de ce système. Ils autorisent ou refusent l'accès à la ressource en fonction des circonstances et des règles qui régissent la pêche. Les autres membres de la communauté et les non-autochtones sont des acteurs faibles, exclus de la sphère de décision. Un système de gestion étatique est de plus en plus mis en œuvre après une période intense de construction de barrages à partir de 1950. Dans ce système, les eaux publiques passent sous le contrôle de l'État, qui remplace la gestion communautaire traditionnelle par une gestion publique. L'Etat devient l'acteur fort et fixe, avec ses services techniques, les conditions juridiques régissant l'organisation de la pêche et la commercialisation des produits de pêche. Ce système favorise l'émergence et l'organisation formelle de groupes de pêcheurs plutôt que d'individus. Tous les exploitants des ressources halieutiques en dehors de ce scénario, deviennent des acteurs faibles, par exemple les pêcheurs qui ne sont pas membres ou non constitués en groupements. Les autorités traditionnelles sont également reléguées au rang d'acteurs faibles. Les changements dans les responsabilités des acteurs entre ces systèmes de gestion sont présentés dans le tableau [14](#).

Tableau 14 : Relation entre acteurs avant et après la construction d'un barrage en contexte de décentralisation (Source : Toé et Sanon, 2015)

Acteurs	Avant la construction d'un barrage	Après la construction d'un barrage	Pendant la décentralisation
Acteurs forts	Chef de village	Etat	Etat Communautés territoriales
	Chef de terre		Organisation de la société civile (ONG, Projet, Association)
	Chef de l'eau	Services étatiques	Autorités coutumières
Acteurs faibles		Chef du village	
	Population indigène	Chef de terre	
	Etrangers	Chef de l'eau	Etrangers
		Etrangers	

Avec la décentralisation, on s'efforce de donner du pouvoir aux autorités locales, à la société civile et aux populations locales, en particulier à celles qui exploitent directement les ressources. Dans ce schéma, l'Etat reste un acteur fort et favorise l'émergence de nouveaux acteurs tels que les groupes de pêcheurs, les ONG, etc. Cependant, la légitimité de ces nouveaux acteurs est souvent mise à mal par l'alternance de rapports de force conflictuels et coopératifs avec les autorités traditionnelles. Grâce à une proximité accrue de l'administration avec les communautés, les légitimités des autorités traditionnelles, auparavant exclues, sont de plus en plus repositionnées pour compter parmi les acteurs forts de la gouvernance des ressources. Les populations locales sont des acteurs absents et leurs intérêts sont relégués au second plan. En effet, les nouvelles structures de gestion sont investies par les autorités locales afin de pérenniser leur autorité en matière d'accès et de protection de la ressource. Ainsi, elles s'immiscent dans la fixation des prix du poisson et dans la désignation des responsables des organisations de pêcheurs tels que les Groupements d'Intérêt Economique (GIE). Les GIE sont des organisations légales de pêcheurs mises en place dans le cadre du projet allemand Gestion de la Pêche dans le Sud-Ouest (GPSO). Ce projet financé par la Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) visait à augmenter la production de la pêche artisanale et expérimenter l'empoissonnement des plans d'eau par la pisciculture de repeuplement ; il a duré de 1988 à 2002. A Gouandougou dans la zone d'intervention de GPSO, lors de la mise en place du GIE, la présidence a été confiée au fils du chef de terre, qui était le seul pêcheur autochtone (MEE, 2001 ; Magnini, 2002 ; Toé et Sanon, 2015).

Malgré la domination croissante de la gestion par l'État, la gestion des pêches et des ressources naturelles implique à la fois l'autorité publique et les autorités traditionnelles. Le rôle des autorités traditionnelles et leurs relations avec l'Etat oscillent à travers les différentes phases de l'histoire du Burkina Faso en fonction des régimes politiques. Les chefs traditionnels ont retrouvé une grande partie du pouvoir qu'ils avaient perdu au moment de l'indépendance en 1960. Ce changement résulte de la conviction croissante que le

gouvernement national n'est pas assez fort pour gouverner de manière décisive au niveau local dans tout le pays, et que les chefs locaux comblent ce vide. En outre, différents acteurs, tels que les GIE locaux, sont inclus au niveau local dans la prise de décision pour l'accès, l'exploitation et la protection de la pêche. La participation de différents acteurs et surtout la coexistence de légitimités signifient l'importance pour la cogestion des pêches. Cependant, le degré d'implication de ces différents acteurs et leur pouvoir restent à définir pour une meilleure gouvernance des pêches au Burkina Faso. Une tentative de générer une approche holistique est en œuvre avec la Gestion Intégrée des Ressources en Eau issue du Ministère de l'Eau et de l'Assainissement qui implique la participation de tous les usagers de l'eau. Cependant, le Programme National pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PN-GIRE) n'aborde pas directement les poissons mais seulement certains domaines connexes tels que la protection de l'eau contre l'envasement, les plantes aquatiques envahissantes et autres obstructions dans les réservoirs afin d'augmenter la quantité d'eau. De plus, la pêche n'est pas la plus importante parmi les autres demandes en eau comme l'agriculture, l'élevage ou les industries. Par conséquent, la pêche n'a pas non plus d'importance dans les Comités Locaux de l'Eau (CLE) qui, en tant qu'organes de base des agences de l'eau au niveau local, contribuent à l'identification des problèmes liés aux utilisations de l'eau et à la mise en œuvre d'une gestion concertée de l'eau.

8.2. Genre et pêches

Jacqueline Sow, Yaya Konaté et Patrice Toé

La gravité des problèmes environnementaux et économiques rencontrés dans les zones rurales a conduit à une politique de développement hydro-agricole qui a soutenu la construction de barrages et de réservoirs. Avant la commercialisation des produits de la pêche, qui a émergé avec la construction de barrages et de réservoirs, la pêche se pratiquait principalement sur les rivières de manière traditionnelle et uniquement pour la subsistance (FAO, 2018). Les communautés de pêche sont aujourd'hui impliquées dans la conservation, la transformation et la commercialisation des produits de la pêche en plus de la pêche elle-même. Il est prouvé que l'inclusion des acteurs dans l'ensemble de la chaîne de valeur réduit considérablement les pertes post-capture, augmente la production et améliorent durablement les conditions de vie des communautés de pêche (Sow, 2015). Les femmes, en dépit de leur contribution substantielle dans la production de subsistance, ont un faible accès aux moyens de production (PNG, 2009). Elles sont confrontées au défi de la disponibilité du poisson (Sanon, 2013). Les rôles des femmes sont essentiellement limités à la post-capture et représentent un maillon important de la chaîne de valeur des produits de pêche (Sow, 2017). Les différentes formes de transformation (fumage, séchage et friture) permettent de réduire les pertes après capture. Selon Bado et *al.* (2007), les femmes constituent l'épine dorsale de la valorisation des captures et de la transformation du poisson en aliments sains et de qualité. Pour cette raison, il est nécessaire d'étudier et de comprendre le rôle que les femmes jouent dans la chaîne de valeur et les stratégies utilisées par les femmes leur permettant de concilier les activités domestiques et économiques pour un développement durable de la pêche.

Le genre dans la gestion des produits halieutiques

Konaté (2019) a montré qu'à Koubri, les femmes sont les principales actrices des activités post-capture, notamment la transformation et la commercialisation (Figure 37). En revanche, on a constaté que les hommes s'occupent principalement de la capture du poisson. Cette répartition des tâches dans les activités de pêche est liée à l'organisation de la famille, qui est patrilinéaire et patrilocale. Cela renforce la position de l'homme dans la société *moaga* et son accès prioritaire aux ressources. Les femmes travaillant dans la transformation du poisson entretiennent des relations étroites avec les pêcheurs qui les approvisionnent en produits de pêche. En général, les transformatrices de poisson dont le mari n'est pas pêcheur sont obligées d'entrer dans une relation socio-commerciale avec les pêcheurs et deviennent dépendantes d'eux. Ces relations sont des stratégies développées par les femmes pour s'approvisionner en produits de pêche. Elles paient des filets aux pêcheurs pour les fidéliser à la vente de leurs produits (Sanou, 2013 et Sow, 2017). Les femmes transformatrices utilisent l'octroi de prêts aux pêcheurs comme une stratégie pour maintenir leur production en retour. La majorité des transformatrices financent à l'avance certaines activités de pêche créant ainsi des opportunités d'emploi et d'investissement et jouent de ce fait un rôle important dans la sécurité alimentaire (Ba, 2006).



Figure 37 : Rôle des femmes dans la chaîne de valeur du poisson dans le Sourou (de gauche à droite : pêche, transformation, vente)
(Source : Sow, 2017)

Les femmes ont augmenté leur influence sur le marché de la pêche en s'organisant au sein d'associations afin d'élargir leur zone d'approvisionnement en produits de pêche. Cela leur permet également d'accéder aux prêts au niveau des institutions financières, à la formation et à la supervision avec des partenaires. Les femmes sont devenues des actrices clés du secteur de la pêche (Bennett, 2005 ; Bene et Merten, 2008). Elles réalisent différentes tâches telles que l'administration, la réparation des engins de pêche et la vente du poisson (Frangoudes et Keromnes, 2008). Elles sont aussi engagées dans les activités post-captures incluant la manipulation, le tri, la conservation, la transformation, ainsi que la vente du poisson (Suntornratana et Visser, 2003). Elles contribuent à une meilleure gestion durable des pêcheries par leurs techniques de transformation et leurs relations commerciales avec les pêcheurs.

Rôles spécifiques et répartition du travail au sein du ménage

Dans les stratégies et programmes nationaux, le genre est pris en compte directement ou indirectement en ciblant les femmes, les jeunes ou les groupes mixtes dans les activités. Au cours des dernières décennies, plusieurs approches ont été développées pour permettre la participation des femmes au développement (Dagenais et Piche, 2000 ; Nahavandi, 2000). Dans le secteur de la pêche au Burkina Faso, la question est récurrente. De nombreuses publications montrent que les femmes interviennent plus dans la transformation et la distribution des produits de pêche. Ces travaux mettent l'accent sur le rôle important que les femmes ont joué dans le domaine de la transformation du poisson et dans l'appui aux autres acteurs du secteur. Par contre, les stratégies mises en œuvre par ces femmes pour concilier activités domestiques et économiques restent peu connues. A travers les analyses qualitatives des entretiens avec les acteurs de la vallée du Sourou, Sow (2017) a identifié les rôles des membres du ménage dans la continuité des activités de pêche et analysé l'effet de la répartition des tâches et les revenus du ménage.

Les femmes ont avant tout un rôle familial et social. Elles sont en charge des nombreuses tâches domestiques qui les absorbent quotidiennement. En général, elles s'occupent des besoins immédiats de la famille. Parmi les responsabilités de la femme, les tâches domestiques ou ménagères et l'entretien de la famille constituent une part très importante. En plus de ces nombreuses activités domestiques, les femmes trouvent le temps de mener des activités génératrices de revenus pour aider leurs époux à satisfaire les besoins du ménage. En ce qui concerne spécifiquement l'activité de pêche, les femmes sont généralement impliquées dans la transformation et la commercialisation du poisson. Cependant, elles participent aussi de plus en plus à l'activité de capture.

Dans l'organisation des activités, tous les membres (enfants, adultes et personnes âgées) du ménage ont un rôle crucial à jouer, et ne sollicitent que très rarement une main-d'œuvre extérieure. En effet, même les personnes âgées jouent un rôle clé en tant que mères de substitution en assurant la garde des enfants. De ce fait, elles allègent la tâche des mères.

En ce qui concerne les hommes, ils participent très peu aux tâches domestiques. Ils aident les femmes dans les corvées de collecte de bois lorsque la famille dispose d'un moyen de transport moderne tel qu'un tricycle. Le rôle des enfants (filles et garçons) dans les activités est incontournable pour les parents (Figure 38). En effet, la contribution des enfants réduit considérablement la charge de travail à effectuer par les parents.



Figure 38 : Enfants aidant leurs mères dans la transformation du poisson dans le Sourou (Source : SOW, 2017)

La diversification des activités est une stratégie d'existence dans les communautés rurales. Ainsi, généralement les pêcheurs mènent prioritairement l'agriculture et l'élevage comme activités. La pêche est une activité secondaire ou de contre-saison.

Sow (2017) montre que la pratique d'activités génératrices de revenus par la plupart des membres actifs du ménage est une stratégie mise en œuvre par les ménages de pêcheurs pour faire face aux difficultés économiques. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Roussel *et al.* (2001) et bien d'autres auteurs. Les résultats sont également similaires à l'étude menée par Ekomo (2001) au Cameroun, qui établit une comparaison entre les ménages mono-actifs et les ménages multi-actifs, montrant ainsi qu'un système de production diversifié préserve ou améliore leur mode de vie.

L'analyse montre également que l'activité de pêche des femmes contribue le plus au bien-être alimentaire du ménage (FAO, 2012). En effet, les femmes consacrent la majeure partie de leurs revenus à des dépenses qui améliorent la nutrition et la santé. Elles constituent donc une force socio-économique importante en raison de la diversité des rôles qu'elles jouent. Dans ce sens, Kabré *et al.* (2003) soulignent que le rôle des femmes dans la chaîne de production est considérable et mérite d'être pris en compte dans les politiques de développement de la pêche, d'une part, et de l'emploi, d'autre part.

8.3. Analyse des chaînes de valeurs et gestion durable des pêcheries

Jacques Somda, Patrice Toé, Youssouf Dicko et Adama Fofana

Au Burkina Faso, le secteur de la pêche emploie plus de 41 000 personnes (Zerbo *et al.*, 2013). Cependant, il fait encore face à de nombreuses contraintes qui menacent sa durabilité socio-économique et environnementale. On estime que 75% des poissons de capture sont commercialisés à l'état frais par les grossistes et détaillants, 10% sont autoconsommés et 15% sont transformés avant commercialisation (Bado *et al.*, 2007). Dans un tel contexte, la capture du poisson apparaît comme une étape importante pour améliorer la performance technique et économique globale du secteur de la pêche car celle-ci est fortement

liée à la quantité de poisson disponible (Rioux et *al.*, 2010). Cette section explore la performance technique et économique du poisson capturé au Burkina Faso. Plus précisément, elle décrit les risques écologiques et les potentiels des chaînes de valeur actuelles des poissons de capture des pêcheries de Koubri et de Sourou.

Risques écologiques liés à des acteurs diversement équipés et non spécialisés

Au Burkina Faso, les chaînes de valeur du poisson de capture peuvent être décrites comme hautement hétérogènes ou non structurées. Elles sont hétérogènes du point de vue du nombre de liens qu'elles contiennent et par la diversité des caractéristiques socioprofessionnelles des acteurs. En termes de liens, il existe des chaînes courtes (du pêcheur au consommateur), des chaînes longues (du pêcheur au consommateur en passant par le transformateur et le commerçant) et plusieurs autres chaînes intermédiaires. La figure 39 montre la chaîne de valeur complète du poisson de capture qui est généralement dispersée en plusieurs chaînes en fonction de l'opportunité commerciale disponible pour chaque acteur.

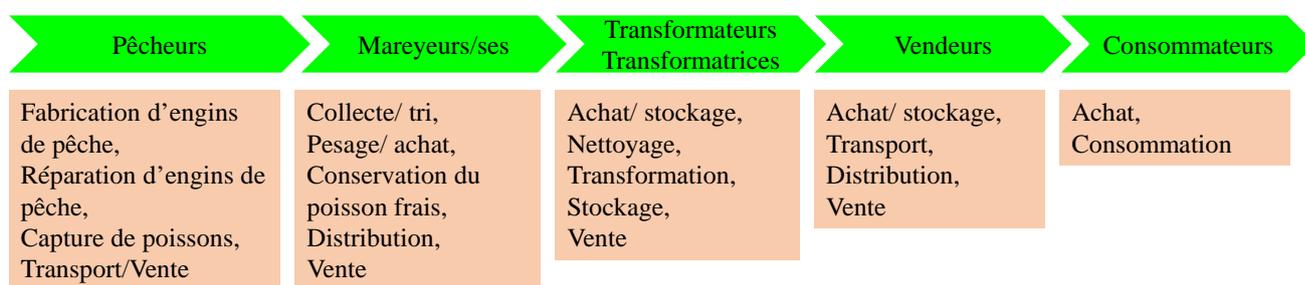


Figure 39 : Chaîne de valeur complète des poissons de capture au Burkina Faso

Dans les pêcheries du Sourou et de Koubri, trois ou quatre types de pêcheurs émergent d'une classification hiérarchique et ascendante des caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des pêcheurs (par exemple, l'âge, l'expérience, le niveau d'éducation, les activités économiques hors pêche, le nombre de filets maillants, de filets épervier, de nasses et de palangres). Des résultats similaires ont été obtenus pour une typologie des acteurs basée sur d'autres maillons des chaînes de valeur des poissons de capture.

Cette hétérogénéité des chaînes de valeur et des acteurs est attribuable aux pêcheries à accès libre promues par les politiques nationales (Bado et *al.*, 2007). L'accès à la pêche dans certaines zones n'est conditionné que par l'obtention de permis. Cela permet à tout acteur, avec ou sans compétences liées à la pêche, d'entrer dans le secteur de la pêche. Pourtant, en l'absence de compétences, les acteurs peuvent utiliser n'importe quel équipement tant au niveau de la pêche que des autres maillons de la chaîne. Dans ce contexte, les acteurs sont poly-spécifiques et ne ciblent que rarement une espèce de poisson particulière. Cela se traduit par la capture de toutes les espèces de poissons sans tenir compte de leur état de conservation (Figure 40). Par conséquent, l'absence de spécialisation des acteurs par espèce de poisson constitue un autre risque pour les espèces dont les effectifs ne sont plus suffisants pour assurer leur reproduction.



Figure 40 : Poisson en cours de séchage (Source : Dicko, 2017)

D'après les résultats ci-dessus, la gestion durable des pêches au Burkina Faso nécessitera une transformation progressive des chaînes de valeur actuelles en acteurs spécialisés, bien organisés et basés sur les espèces. Une politique claire et holistique de gestion durable des pêches de capture sera nécessaire pour structurer et spécialiser les acteurs (en termes d'espèces de poissons). Une telle politique nationale devrait inclure la gestion, le suivi, l'application et la coordination des pêches de capture sur une base scientifique afin de traiter les questions écologiques induites par la performance économique des chaînes de valeur des poissons de capture.

Potentiels économiques des chaînes de valeur hétérogènes actuelles

Le secteur de la pêche au Burkina Faso a été considéré comme un secteur économique important tant au niveau microéconomique que macroéconomique. Il est reconnu que l'activité de pêche fournit facilement des revenus sans grands investissements initiaux (Bado et *al.*, 2007). L'analyse économique des chaînes de valeur des poissons de capture des pêcheries de Sourou et de Koubri l'a confirmé. Les ratios de profit brut estimés suggèrent que tous les acteurs, à tous les maillons des chaînes de valeur des poissons de capture, réalisent un profit financier. Cependant, le niveau de santé financière dépend du maillon de la chaîne de valeur et de la caractéristique socioprofessionnelle des acteurs (Dicko, 2018 ; Fofana, 2018). Les ratios de marge brute sont de 80-93% pour les pêcheurs, 4-19% pour les mareyeurs, 9-19% pour les transformateurs/transformatrices, les détaillants gagnent entre 12 et 26 FCFA pour chaque FCFA investi. Ces chiffres sont plus élevés que ceux rapportés par Kaboré (2014) pour les cultures maraichères dans le bassin versant du Nakanbé et peuvent être justifiés par le faible coût d'investissement nécessaire pour les équipements.

Ces résultats indiquent que les acteurs des chaînes de valeur des poissons de capture réalisent des bénéfices substantiels. Cela explique en partie pourquoi le secteur de la pêche de capture reste attractif pour des

acteurs qui n'ont pas nécessairement de compétences et d'expérience en matière de pêche. Si l'attractivité d'une activité est une opportunité pour son développement, elle peut aussi rapidement devenir une contrainte si l'entrée dans l'activité n'est pas bien gérée. Ceci est particulièrement important au niveau du maillon " pêche " où une forte attractivité peut conduire à une surpopulation de pêcheurs expérimentés, ce qui entraînera rapidement une surpêche. Cette attractivité peut également augmenter le nombre de pêcheurs inexpérimentés, ce qui conduit à l'utilisation d'engins de pêche non durables.

La nécessité d'une gestion écologique et économique intégrées

La promotion d'une gestion durable de la pêche pourrait faire partie de la stratégie en faveur des pauvres et de l'équilibre entre les sexes dans les zones rurales et périurbaines du Burkina Faso. La durabilité, ainsi que le développement des chaînes de valeur des poissons de capture sont importants pour augmenter les revenus des acteurs tout en augmentant l'offre de poisson domestique à une population urbaine croissante. La forte rentabilité financière actuelle ne peut être durable que si les aspects écologiques de la pêche sont pleinement intégrés dans le développement des chaînes de valeur.

Cela implique le développement et la mise en œuvre d'une gestion écosystémique de la pêche, qui est une approche écologique et économique intégrées. Une telle approche est nécessaire et urgente si l'objectif du développement de la pêche est de réduire durablement le déficit actuel de l'approvisionnement en poisson domestique au Burkina Faso.

Chapitre 9 : Aquaculture : Historique et potentialités

Laura Hundscheid, Vincent-Paul Sanon et Raymond Ouedraogo

L'aquaculture est « l'élevage et la production de poissons et d'autres espèces animales et végétales aquatiques dans des conditions contrôlées » (Sommerville et *al.*, 2014). Cela implique des mesures visant à augmenter la production, le contrôle des paramètres environnementaux, la protection contre les prédateurs et les maladies ainsi que l'empoisonnement régulier. En Afrique sub-saharienne (ASS), les espèces de poissons prédominantes élevés en aquaculture sont : *Clarias* notamment *Clarias gariepinus* et *Tilapia* notamment *Oreochromis niloticus* (Satia, 2017). En Afrique de l'Ouest, le Nigeria et le Ghana sont de loin les plus gros producteurs de poissons issus de l'aquaculture ainsi que de la pêche de capture. Tous les autres États ont une production nettement inférieure, le Togo et le Burkina Faso ayant respectivement la plus faible quantité issue de l'aquaculture et des pêches de capture. Leur part de poissons issus de l'aquaculture dans la quantité totale produite varie de 0 à 2 % (voir la figure 2), tandis qu'environ 14 % de la quantité de poissons produite par le Ghana et 30 % de celle du Nigeria proviennent de systèmes d'aquaculture (FAO, 2018).

Le poisson jouant un rôle important dans la nutrition et la santé, un meilleur approvisionnement devrait être recherché (Satia, 2017). Le poisson est reconnu comme un « aliment d'origine animale à forte densité nutritionnelle » indispensable pour les populations, surtout à faible revenus, en raison de son coût relativement moins cher. Par conséquent, le poisson contribue à l'ODD 2 (Objectifs de Développement Durable des Nations unies) visant à « éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire et améliorer la nutrition ». Le Burkina Faso est un pays en voie de développement et la famine y est récurrente. Environ 44,5 % des enfants de moins de cinq ans et 13 % des femmes en âge de procréer sont affectés par la malnutrition chronique (DGPSA, 2007). Cela fait de la sécurité alimentaire une question centrale des politiques et stratégies nationales de développement. L'aquaculture étant devenue le secteur de production alimentaire à la croissance la plus rapide au monde, sa contribution à la sécurité alimentaire est particulièrement préoccupante (Satia, 2017).

La perte d'habitats et les pressions humaines, qui sont fortement renforcées par l'énorme croissance démographique, ont conduit à une diminution importante de la population de poissons, de la biodiversité et de la taille moyenne des poissons au Burkina Faso (Meulenbroek, 2013) et, par conséquent, à une réduction des captures de poissons. La demande nationale ne peut pas être couverte par la pêche et l'aquaculture nationales, de sorte qu'actuellement plus de 80% du poisson consommé sont importés (FAO, 2018), principalement du *Tilapia* en provenance de la Chine, ce qui a créé une forte dépendance du marché aux importations de poisson (Satia, 2017).

L'aquaculture au Burkina Faso a une faible performance historique et est peu développée jusqu'à présent. La tradition ou l'histoire de l'aquaculture au Burkina Faso a été décrite par Miller (2006) comme une forme simple d'aquaculture qui a été mise en œuvre pendant la saison sèche pendant de nombreuses décennies au Burkina Faso et dans les pays voisins (Mali, Niger, Bénin) pour accroître la disponibilité du poisson pour les communautés locales. Pour ce faire, des poissons provenant des cours et plans d'eau sont capturés et conservés dans les marais. Les méthodes utilisées comprennent la collecte, la détention, le transport et l'empoisonnement d'alevins ainsi que l'alimentation des poissons dans les étangs et les petits lacs. Les espèces concernées sont notamment les *Clarias*, les *Heterobranchus* et les *Synodontis*. Le Plan National d'Adaptation (PNA) établi en 2011 a mis l'accent sur le développement de l'aquaculture en mettant en œuvre les meilleures pratiques (FAO, 2018). La Stratégie Nationale de Développement Durable de la Pêche et de l'Aquaculture (SNDDPA) à l'horizon 2025 fait référence à une augmentation ciblée de la production nationale de poissons par l'aquaculture de 40% par an et estime à 110 000 tonnes de poissons la production actuelle possible de l'aquaculture (Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, 2013). La littérature internationale de la FAO indique que le Burkina Faso aurait un potentiel d'augmentation de sa production aquacole de 16% singulièrement basé sur une production intégrée extensive de riz et de poisson. Cela représenterait une valeur de 712 135 US\$ et 579 nouveaux emplois agricoles. Le calcul a été fait sur la base que 15% de la zone de riz irrigué dans les régions du sud-ouest du Burkina Faso serait intégrée à l'aquaculture avec une production annuelle de 250 kg de poisson par ha (Miller, 2006). L'aquaculture offre une possibilité appropriée pour fournir une source de revenu secondaire et ainsi réduire la surpêche. Outre la réduction de la surpêche, l'aquaculture peut contribuer à la reconstitution des populations de poissons en produisant des poissons juvéniles pour le repeuplement, si des mesures de protection complémentaires sont correctement planifiées, mises en œuvre et contrôlées (Hundscheid, 2019). Cependant, les estimations actuelles montrent que cet objectif ambitieux ne pourra pas être atteint dans les années à venir, à moins que des mesures fondamentales ne soient prises.

Le secteur de l'aquaculture présente un intérêt particulier pour l'amélioration des conditions de travail des femmes, car ce domaine commence tout juste à se développer et les inégalités de genre ne sont pas encore établies (Konaté, 2019, Melcher et *al.*, 2019). Les femmes peuvent être intégrées dans la chaîne de valeur du poisson à travers des opportunités de formation dès le début. Au Burkina Faso, les femmes jouent un rôle important dans la chaîne de valeur des poissons pêchés dans certaines zones comme c'est le cas à Koubri (Figure 41). Dans d'autres pays d'Afrique sub-saharienne, l'aquaculture offre déjà des opportunités de travail aux femmes. En général, en Afrique sub-saharienne, 34% des employés de l'aquaculture sont des femmes mais cette proportion dépasse 50% en Gambie et au Mozambique (Satia, 2017).



Figure 41 : Transformation et vente de poissons au marché de Koumbri (Source : Magnuszewski, 2019)

Trois contraintes principales bloquent le développement de l'aquaculture au Burkina Faso :

- une insuffisance des moyens financiers dans le secteur privé pour la construction et l'entretien des fermes, dans les institutions administratives pour développer et mettre en œuvre des stratégies de gestion adéquates, dans les institutions scientifiques pour financer des projets de recherche ;
- une insuffisance de la mise en œuvre des politiques, qui se traduit par un faible soutien technique et financier. La faible décentralisation de la gestion des ressources halieutiques ainsi que les fréquents changements de ministères ont été identifiés comme des sources profondes de ce problème ;
- la rentabilité financière de l'aquaculture n'est pas encore prouvée. Cela n'attire pas les opérateurs privés dans cette activité. Ce problème est principalement dû à plusieurs facteurs tels que (i) la qualité des alevins et des aliments pour poissons disponibles, qui ne permet que de faibles taux de production et (ii) le faible prix du marché du poisson, qui est dominé par les importations bon marché de la Chine et des pays voisins.

Malheureusement, peu d'études sur les aspects économiques de l'aquaculture au Burkina Faso ont été faites jusqu'à présent. Si la qualité des alevins et de la nourriture pour poissons est considérée comme

problématique pour le développement de l'aquaculture, la question générale est : Quels systèmes d'aquaculture sont appropriés pour le Burkina Faso ? Les systèmes extensifs et semi-intensifs ne nécessitent pas d'intrants coûteux et de très haute qualité et, en tant que tels, peuvent être accessibles aux paysans plutôt qu'aux seuls hommes de l'agro-business.

Actuellement, une dizaine de fermes aquacoles gouvernementales ont été créées et sont réparties sur tout le territoire national dans le but de servir d'exemples pratiques de fermes aquacoles, de produire des poissons pour le repeuplement et le développement de fermes aquacoles privées, ainsi que pour alimenter la recherche et la formation. Malheureusement, il reste beaucoup à faire pour que ces fermes soient efficaces car la plupart sont mal conçues et mal gérées (Figure 42).



Figure 42 : Ferme piscicole de Bazèga (Source : Ouédraogo, 2010)

Néanmoins, le développement de l'aquaculture est une priorité dans la stratégie nationale pour les ressources halieutiques. C'est pourquoi, depuis 2002 au niveau national, une direction technique entière est consacrée à l'aquaculture. D'après leurs registres, environ 200 fermes piscicoles privées existeraient, mais leur production est inconnue pour le moment. La plupart sont situées dans les zones périurbaines et les grands réservoirs hydro-agricoles tels que Bagré et Sourou.

Lors de la mise en place de systèmes aquacoles, il est important de prendre en compte la durabilité écologique, car les systèmes intensifs en cage présentent des risques élevés sur la qualité de l'eau par l'apport de nutriments et sur les espèces de poissons sauvages par l'exportation de maladies et la pollution génétique (Froehlich et al., 2017). Les aspects écologiques doivent être suffisamment pris en compte dans la planification des systèmes aquacoles afin de protéger l'écosystème et de garantir une utilisation à long terme de la ressource naturelle. Il est généralement recommandé d'établir l'aquaculture à petite ou moyenne échelle, y compris les petites ou moyennes entreprises et les systèmes basés sur la subsistance (Miller, 2006 ; Akpabio et Inyang, 2007 ; Satia, 2017). Les systèmes à grande échelle devraient être évités en raison des menaces écologiques, car ils seraient associés à des investissements et des risques excessifs et dépasseraient également les capacités de l'infrastructure économique (Miller, 2006 ; Satia, 2017). L'impact le plus élevé sur la réduction de la pauvreté est également posé par les systèmes agricoles artisanaux à petite échelle, principalement en raison de ses liens indirects forts avec la pauvreté, améliorant la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des plus démunis (Kassam et Dorward, 2017). La figure 43 met en évidence les contraintes et les potentialités qui doivent être prises en compte lors de la mise en œuvre de systèmes d'aquaculture.

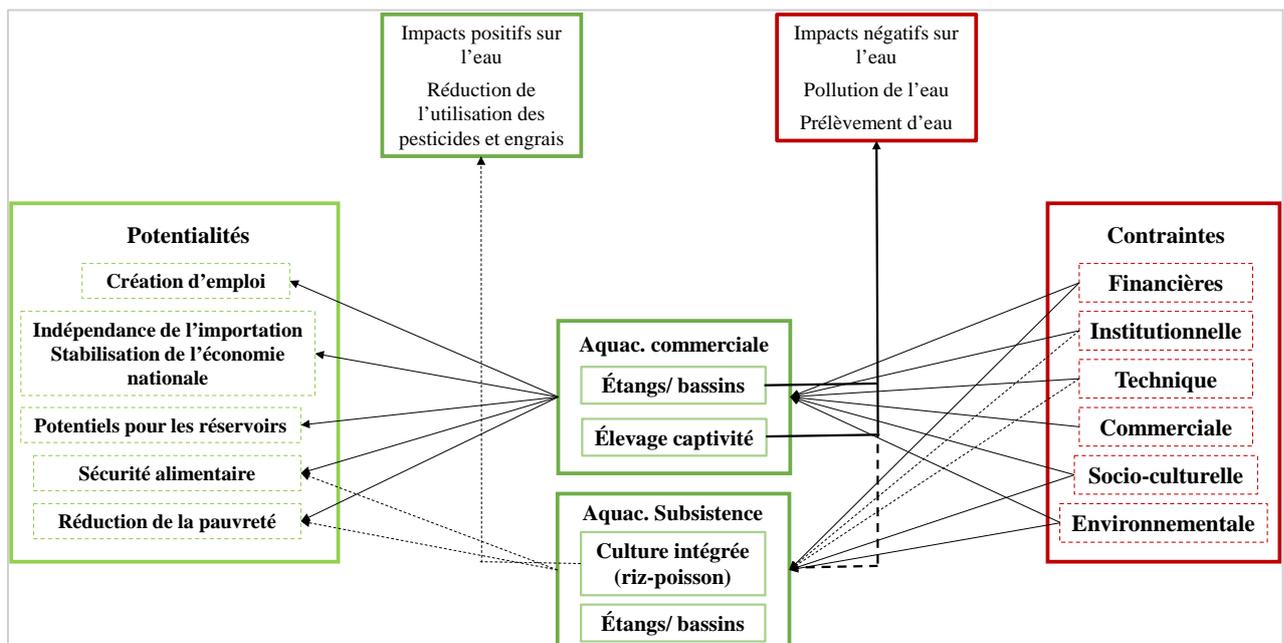


Figure 43 : Contraintes et potentialités pour le développement de l'aquaculture commerciale et de subsistance et leurs impacts sur les écosystèmes aquatiques (Hundsheid, 2019)

Légende : Aquac= aquaculture

Chapitre 10 : Ateliers de simulation et de scénarisation

Gabriele Slezak, Piotr Magnuszewski, Michalina Kulakowska et Charlotte Voigt

Le développement d'outils scientifiques tels que les instruments de surveillance, les simulations mathématiques et l'analyse statistique des tendances est essentiel pour soutenir la prise de décision en matière de gestion durable des ressources. Cependant, une mise en œuvre habile de ces outils peut ne pas être suffisante pour garantir que les décisions durables soient respectées, car les interactions des facteurs sociaux, politiques, culturels et psychologiques influencent le succès ou l'échec de la mise en œuvre des politiques. Afin d'étudier et d'observer ces interactions au Burkina Faso, une simulation stratégique a été menée avec une diversité de parties prenantes dans le cadre des projets SUSFISH. Cet exercice a également permis de mieux cerner la question de la gestion durable des ressources.

Les simulations sociales stratégiques ou les exercices politiques combinent des scénarii interactifs, des jeux de rôle et des mécanismes afin de fournir un environnement plus réaliste pour étudier et comprendre les défis auxquels les parties prenantes spécifiques sont confrontées. Par ce biais, la simulation peut fournir des solutions potentielles ou montrer de nouvelles formes de collaboration nécessaires à l'analyse des problèmes et constituer également une possibilité d'apprentissage pour tous les acteurs ou observateurs impliqués. La simulation stratégique peut permettre de retenir rapidement des informations et de se faire une idée de la prise de décision réelle. Des variantes de ce type d'exercices ont été utilisées dans des domaines tels que la gestion internationale du changement climatique (Parson, 1995), la politique climatique européenne (Haug et *al.* 2011) ou les aspects sociaux de la gestion des plaines inondables (Stefanska et *al.*, 2011).

L'idée était de développer une simulation, adaptée aux besoins spécifiques du secteur de la gestion de l'eau et de la pêche au Burkina Faso. Le processus de développement s'est basé sur les résultats de l'ancien projet et sur les expériences acquises des deux ateliers organisés à Bobo-Dioulasso (janvier 2018) et à Vienne (septembre 2018). Alors que le premier se concentrait sur l'introduction d'une approche de simulation, le second était une simulation réalisée sous la direction et le leadership du Center for Systems Solutions (CRS) et a recueilli la contribution de représentants d'organisations partenaires. Cet atelier à Vienne a été conçu pour introduire et tester la méthodologie, en présentant une vue d'ensemble du processus pour une application avec un plus grand groupe au Burkina Faso. Dans un atelier final de 2 jours à Ouagadougou (février 2019), nous avons pu mobiliser divers experts et parties prenantes pour participer à la discussion et à la conceptualisation des voies futures souhaitables pour le bassin du Nakanbé à titre d'exemple. Les résultats de la première simulation ont ensuite été élargis avec le groupe plus large de parties prenantes.

Les simulations ont été conçues pour 1) créer une vue d'ensemble de la situation actuelle, en identifiant les facteurs importants et les défis de la situation socio-environnementale et économique dans le bassin fluvial et, sur cette base, 2) développer des voies potentielles "business as usual" et 3) envisager des perspectives. Parallèlement aux simulations, les observateurs étaient chargés d'apprécier la portée et la qualité des interactions dans les discussions. Dans une dernière étape, la simulation sociale basée sur le jeu a été adaptée en fonction du retour d'information sur la participation des parties prenantes et a servi comme outil pour les acteurs et les décideurs burkinabè du secteur de la pêche et de la gestion de l'eau.

10.1. Présentation de la situation actuelle

Des supports visuels, des cartes et des fiches représentant des entités, des processus et des indicateurs ont été utilisés afin de faciliter les discussions. Les participants ont été invités à utiliser ces outils pour discuter et décrire la situation des zones décrites sur la carte du bassin. Les participants ont également pu indiquer des zones plus petites nécessitant une description plus détaillée. Il s'agissait souvent de villes, de zones industrielles ou agricoles spécifiques et de réservoirs. Chacune d'entre elles a ensuite été classée selon les catégories d'utilisation des sols. En utilisant des affiches séparées pour les zones plus petites, il était possible d'obtenir une description plus détaillée indiquant par exemple les familles de poissons présentes, les conflits spécifiques ou les infrastructures telles que les barrages. Tous les participants ont été encouragés à déplacer les figures sur une carte géographique en fonction de leur expertise et à discuter et ajouter des facteurs qui pourraient manquer (Figure 45 & 46).

La situation actuelle a ensuite été reportée sur un diagramme de systèmes ou « carte des causes » qui avait été préparé au préalable. Sur la carte des causes, les facteurs qui pourraient être importants pour le bassin du Nakanbé et la pêche dans la région ont été regroupés en fonction des recherches antérieures et des contributions des tests et ateliers précédents. Les participants ont été invités à évaluer le niveau d'influence de chaque facteur et sa corrélation avec d'autres éléments. Cela a permis de discuter des compromis et des interdépendances qui peuvent ne pas être directement liés à la capture des poissons à première vue avec d'autres facteurs plus évidents. Des diagrammes de causalité ont été créés pour les trois domaines d'intérêt : Eau et environnement, Alimentation et poisson et Économie et énergie.

En commençant par les indications du bien-être humain telles que : la sécurité sanitaire, la sécurité alimentaire, l'égalité des sexes, l'inégalité économique et les niveaux de revenus, les participants ont déterminé que ces indicateurs affectent directement la capacité de développement d'une population. Par la suite, les indicateurs de développement tels que l'agriculture, l'urbanisation, l'exploitation minière, les infrastructures hydrauliques et la déforestation représentent des pressions anthropiques croissantes qui affectent la taille des habitats naturels des poissons, les cycles de vie naturels et, par conséquent, la production halieutique. Une réduction des captures de poissons affectera à son tour la sécurité alimentaire et le bien-être de la population. Le degré d'influence de chaque indicateur a été déterminé par auto-

évaluation, « 5 » étant l'influence la plus forte et « 1 » la plus faible. Ces figures causales de l'interdépendance ont permis d'aborder les problèmes de manière systémique, en résistant au schéma traditionnel consistant à déterminer une variable clé pour décrire un problème (Slezak *et al.*, 2020). Grâce aux différentes parties impliquées dans l'atelier, des perspectives et des expériences différentes ont pu être intégrées conduisant à une co-crédation de connaissances.

La figure 44 montre la carte causale résumant les résultats des différents groupes de la simulation stratégique.

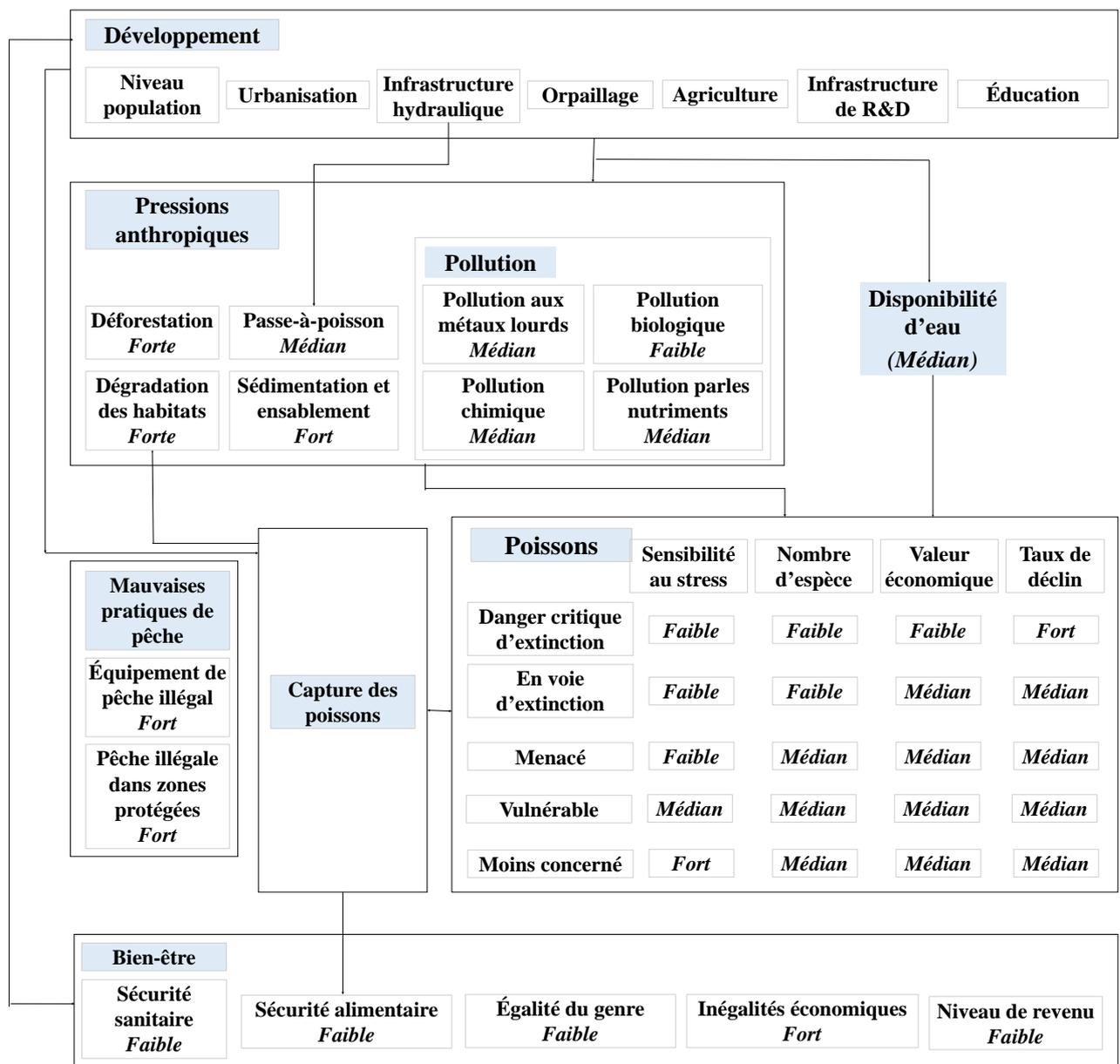


Figure 44 : Carte causale issue de la simulation stratégique. Les flèches montrent les interdépendances entre les facteurs issus de recherches antérieures dans le bassin du Nakanbé au Burkina Faso, Les mentions "faible", "médian" et "fort" représentent le degré d'influence de chaque facteur (Sanon *et al.*, 2020)

10.2. Visions et perspectives

Après la description de la situation actuelle, les participants ont été chargés de proposer des perspectives et des chemins correspondants. En utilisant les mêmes figures, des modifications (augmentations, diminutions, suppressions ou ajouts de nouvelles images) pouvaient être apportées à la carte. Les risques, les opportunités et les défis ont également été marqués sur la carte. Trois récits différents ont été élaborés, chacun mettant l'accent sur l'un des trois domaines d'intervention.



Figure 45 : Acteurs en session de travail sur les chantiers futurs (Magnuszewski, 2019)

Nakanbé - Priorité aux secteurs de l'eau et de l'environnement

Une protection et une conservation accrues des ressources en eau et en environnement ne peuvent être réalisées qu'avec un soutien substantiel des ministères responsables. Comme l'ont souligné les participants, il s'agit des ministères en charge des ressources halieutiques, des ressources en eau, de l'environnement et de l'agriculture.

En outre, des investissements sont nécessaires pour le curage des plans d'eau, le reboisement des rives et la restauration des zones tampons spéciales. Afin de réduire la pêche illégale, il convient d'accroître le soutien aux initiatives privées locales. Dans ce contexte, la pisciculture et les activités connexes doivent être valorisées. Il est également essentiel de mettre l'accent sur l'éducation afin d'accroître la sensibilisation et de favoriser le dialogue entre les parties prenantes en conflit.

Nakanbé - priorité aux secteurs de l'alimentation et de la pêche

Pour assurer la sécurité alimentaire sans épuiser les stocks naturels de poissons, il est nécessaire d'investir dans les infrastructures liées à l'eau et aux poissons. Les impacts négatifs des industries liés aux combustibles fossiles sur les stocks de poissons doivent être limités en investissant dans les sources d'énergie verte. Cela peut se faire en utilisant les infrastructures existantes (énergie hydraulique des barrages existants) ou en créant de nouveaux barrages, ce qui permettrait également d'améliorer la production agricole en augmentant les possibilités d'irrigation. Toutes les sources d'énergie doivent être envisagées afin de limiter l'impact négatif de l'hydroélectricité sur les populations de poissons. Le contrôle des populations de poissons

peut être complété par des pratiques d'empoissonnement ou l'aménagement des frayères. Des investissements substantiels sont également nécessaires pour assurer une haute qualité de l'eau en limitant les impacts négatifs de la sédimentation, de la salinisation et de la forte pollution. Cela sera également bénéfique pour la santé et le bien-être de la population, car les réservoirs sont souvent utilisés pour la fourniture en eau de boisson. L'amélioration du système éducatif offrira également de nouvelles possibilités de recherche et de développement et favorisera l'innovation dans les régions. Le plus important pour cette filière est une sensibilisation accrue aux problèmes et aux défis du bassin, une amélioration des connaissances générales et techniques telles que la négociation, le leadership et le travail d'équipe.

Nakanbé - Priorité aux secteurs de l'économie et de l'énergie

Placer la croissance économique au centre du développement durable suppose l'entretien et la réhabilitation des barrages existants. En ce qui concerne le développement de nouveaux barrages, des précautions particulières doivent être prises car il peut avoir des impacts négatifs sur les populations de poissons et donc sur la sécurité alimentaire et l'économie du Burkina Faso. Les nouveaux barrages devraient être équipés de technologies de passes migratoires afin de limiter les effets néfastes sur la reproduction des poissons, la biodiversité et permettre éventuellement une plus grande production de poissons. Ces investissements devraient également être envisagés pour les infrastructures existantes. La création d'un plan de distribution de l'eau et une gestion holistique de cette ressource est nécessaire pour accompagner les usagers de l'eau et réduire les conflits internes. Le secteur privé et le secteur de l'énergie devraient saisir les opportunités offertes par la production d'énergie solaire pour réduire la dépendance aux sources d'énergie à base de combustibles fossiles. L'exode rural résultant du développement de l'exploitation minière à ciel ouvert a été identifié comme un défi majeur. Il convient d'envisager un investissement dans l'exploitation minière industrielle et une réhabilitation des mines à ciel ouvert, ainsi que des politiques d'emploi axées sur l'emploi des jeunes. Pour le développement de l'énergie et de l'économie, l'éducation s'est avérée être un facteur important. L'accent devrait être mis sur le développement durable et la gestion des ressources naturelles afin de sensibiliser les populations aux enjeux et défis du bassin, tandis qu'une attention devrait également être accordée au planning familial afin de stabiliser le taux de natalité et la santé des résidents.



Figure 46 : Emplacement des facteurs sur la carte du bassin pour des perspectives de développement économiques et énergétiques (Magnuszewski, 2019)

Résumé du processus

En résumé, la simulation stratégique de Nakanbé fournit une plateforme d'interaction pour la recherche transdisciplinaire sur le développement. Dans les activités de développement, il est souvent difficile de discuter et d'échanger des expériences entre experts et parties prenantes locales. Grâce à des discussions modérées et guidées, la simulation a permis des échanges fructueux et un apprentissage mutuel. Elle a permis de mieux comprendre les interrelations entre les secteurs et de mettre en évidence la complexité de la prise de décision. La formation des modérateurs est importante pour l'utilisation d'un tel outil, car ils ont une grande influence sur la productivité, la direction et le caractère des discussions. La boîte à outils développée dans le cadre du projet SUSFISH par le Centre for Systems Solutions est mise à disposition en accès libre par le consortium SUSFISH afin d'encourager une utilisation plus large de ces instruments.

Chapitre 11 : Synthèse : Modèle conceptuel

Jan Sendzimir

Il existe de multiples voies et moyens d'assurer la sécurité alimentaire par une pêche durable au Burkina Faso. Cette sécurité peut être réalisée en régénérant et en protégeant la productivité naturelle des écosystèmes aquatiques et des paysages environnants. Elle peut également être réalisée en augmentant technologiquement la productivité de la pêche par l'aquaculture. La sécurité peut être renforcée par l'amélioration des technologies et des institutions qui sous-tendent la transformation et le commerce du poisson, par exemple la "chaîne de valeur" - les liens commerciaux qui acheminent le poisson et les produits de la pêche vers le marché. Enfin, elle peut être renforcée en catalysant le potentiel d'une plus grande partie de la société, par exemple les femmes, grâce à des changements dans les institutions sociales, politiques et culturelles.

Ce livre aborde ces quatre voies et cette section tente de développer une vue d'ensemble de la durabilité des pêches en résumant les leçons apprises dans chacune d'elles. Elle utilise ensuite l'analyse des systèmes pour examiner certains des mécanismes ou interactions qui sont essentiels pour comprendre les obstacles à la durabilité le long de chaque voie, ainsi que les interactions qui relient les quatre voies de la durabilité des pêches.

La recherche sur la durabilité commence souvent par une identification claire des tendances importantes de l'évolution de l'environnement et de la société. Il peut s'agir de la croissance économique ou de la détérioration (ou de la récupération) de l'environnement, parmi beaucoup d'autres choses. La recherche s'approfondit ensuite pour définir les modèles d'interactions qui pourraient générer ces tendances préoccupantes. Ces schémas de causalité peuvent être de simples couplages ou des réseaux complexes d'interactions, mais les schémas de causalité cycliques ou circulaires sont particulièrement préoccupants, car les gens supposent généralement que les causes ne se produisent qu'en chaîne. La causalité linéaire existe en effet, mais notre tendance à supposer la linéarité peut nous rendre aveugles aux cycles. Cela est particulièrement important lorsque ces cycles peuvent entraîner des changements soudains et surprenants ou des poussées de croissance ou de déclin illimité.

La pensée systémique est apparue dans le cadre des efforts visant à développer une science qui identifie et analyse la manière dont les modèles d'interactions de groupes affectent la façon dont le monde évolue. Les diagrammes de boucles causales (CLD) sont un langage graphique développé pour faciliter la recherche de tels modèles, en particulier les modèles circulaires (ou boucles). Cette section utilise les CLD pour montrer des modèles hypothétiques d'interaction qui peuvent influencer les tendances identifiées comme importantes pour la durabilité de la pêche au Burkina Faso.

L'élément le plus simple d'un CLD est une interaction qui relie hypothétiquement une paire de variables. Une telle interaction est symbolisée par une flèche, qui indique également la direction. En d'autres termes, si la variable A (à l'origine de la flèche) change en premier, alors la variable B (à l'extrémité réceptrice de la flèche) répondra par un changement. La polarité de l'interaction indique si les deux variables changent dans le même sens ou dans des sens opposés (Figure 47). Dans le premier cas, une augmentation ou une diminution de la variable A est accompagnée du même changement dans la variable B. Cette polarité est symbolisée par le signe +. Si les variables changent dans des directions opposées, par exemple si la variable C augmente alors la variable D diminue (et vice-versa), et cela est symbolisé par le signe -.

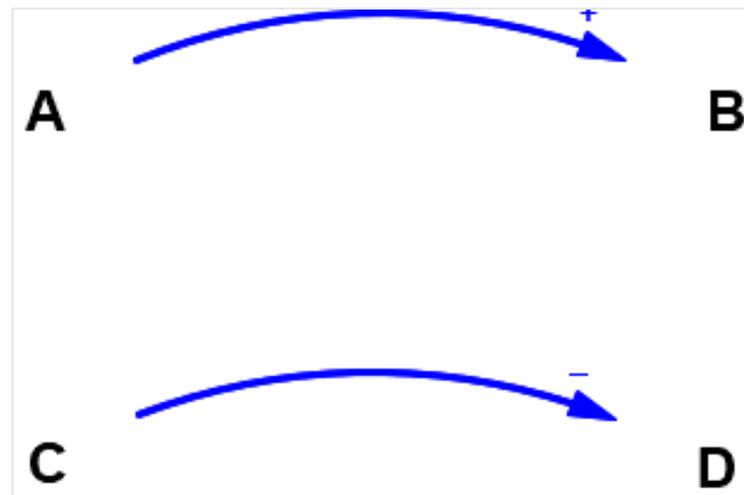


Figure 47 : Polarité des liens dans une interaction de diagramme en boucle causale

On parle de "boucle causale" lorsqu'une cause circule d'une variable à la suivante autour d'un cercle dans une chaîne d'interactions. Les sociétés humaines ont noté de tels schémas de comportement circulaires depuis des millénaires, les inscrivant dans nos lexiques sous le nom de "cercle vicieux", c'est-à-dire des cycles qui génèrent de manière répétée des résultats déplorables ou de "cercle vertueux", c'est-à-dire des cycles qui perpétuent des résultats louables. La figure 48 illustre un exemple des deux types de boucle de rétroaction. En partant du côté droit, le repeuplement en poissons (ajout artificiel d'une nouvelle cohorte de poissons) entraîne une augmentation de la population de poissons. Cela se traduit généralement par une production de poissons plus importante, générant des profits plus élevés, qui peuvent à leur tour être réinvestis dans l'augmentation du repeuplement. Ces boucles sont dites "positives" ou "de renforcement", car chaque lien de causalité renforce le suivant. Ces boucles sont symbolisées par une flèche circulaire avec la lettre R au centre. Cette boucle peut entretenir une spirale ascendante ou descendante, à moins d'être contrôlée ou "équilibrée" par une autre interaction ou un ensemble d'interactions, comme une boucle de rétroaction "négative" ou "d'équilibrage". Une telle boucle d'équilibrage est illustrée à la figure 48 par une flèche circulaire avec la lettre B au centre. Elle peut se présenter comme suit : lorsque la population de poissons augmente, la densité des poissons augmente également. Cela conduit souvent à une augmentation du taux de prédation, diminuant ainsi la population de poissons.

Remarque : lorsque l'on complète le circuit d'une boucle, la tendance se poursuit comme elle a commencé dans une boucle de rétroaction de renforcement, c'est-à-dire que si l'on commence par augmenter la variable suivante, la dernière variable de la boucle augmentera. Cependant, la tendance ira dans la direction opposée s'il s'agit d'une boucle de rétroaction équilibrante. Une hausse initiale se terminera par une baisse, ou vice-versa.

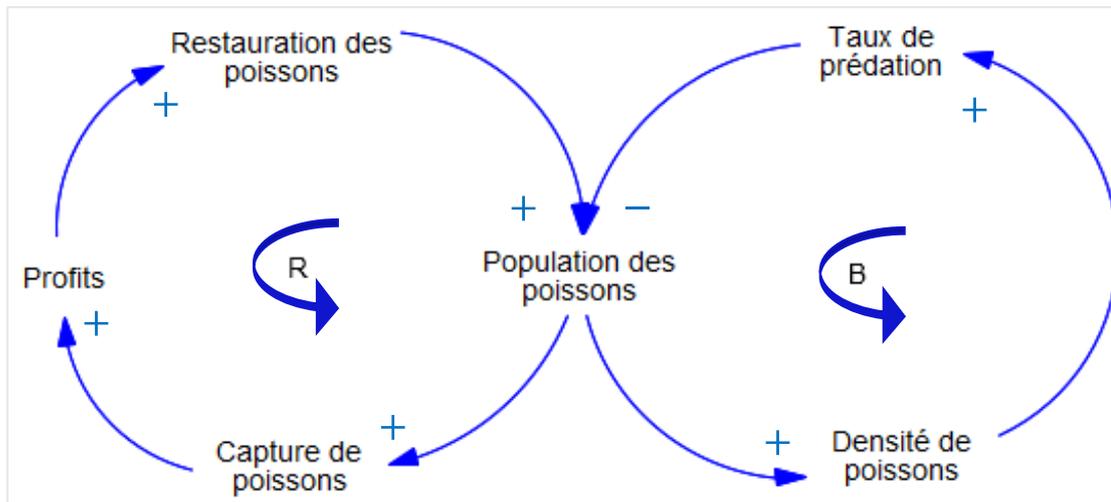


Figure 48 : Diagramme de boucle causale illustrant les boucles de rétroaction de renforcement et d'équilibre

Enfin, outre les influences ou les liens de causalité, le CLD peut représenter des stocks (stockages de matière ou collections de choses) ainsi que des flux entre stocks. Les stocks sont représentés par des carrés, et les taux de flux entre eux sont symbolisés par des flèches avec un sablier au milieu. Par exemple, dans la figure 49, tous les poissons de moins d'un an d'une population peuvent être considérés comme la cohorte de poissons de l'année 1, et ceux qui survivent jusqu'à l'année 2 sont appelés la cohorte de poissons de l'année 2. Plus il y a de poissons dans la cohorte de poissons de l'année 1, plus le taux de survie (ou flux) des poissons pour atteindre l'année 2 est élevé, comme l'indique la flèche reliant le stock de l'année 1 au flux étiqueté taux de survie.

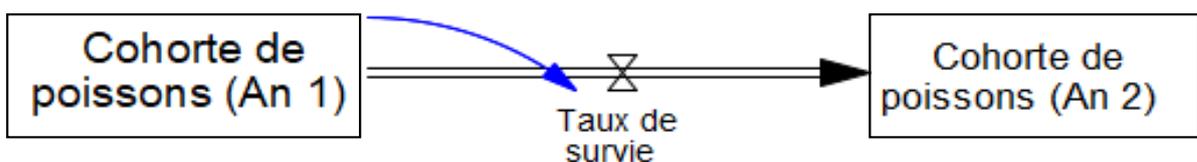


Figure 49 : Flux (poissons survivants) entre deux stocks de poissons pour les années 1 et 2

Paysages de travail - Piège de régénération des poissons

La seconde moitié du vingtième siècle a vu une expansion massive d'un réseau hydrologique de réservoirs au Burkina Faso, à la fois comme protection contre la sécheresse et comme moteur du développement agricole et rural. Parallèlement à ces avantages, une série de menaces à long terme pour l'intégrité des écosystèmes aquatiques sont apparues. Parmi celles-ci, les plus importantes sont la surpêche, l'agriculture intensive et la sédimentation, mais d'autres menaces sont apparues, dont beaucoup sont les sous-produits d'une économie en pleine croissance et d'une population humaine en plein essor. L'éventail de ces menaces

comprend entre autres, les altérations hydrologiques, chimiques, morphologiques et écologiques résultant de l'utilisation des sols et les blocages de l'hydro-connectivité. Elles se manifestent du plus haut au plus bas niveau de chaque bassin fluvial, mais leur empreinte la plus forte concerne les écosystèmes aquatiques et les hautes terres qui les entourent immédiatement.

Toutes ces menaces et pressions se sont combinées pour supprimer la diversité et la productivité des pêcheries. A l'exception de quelques écosystèmes aquatiques protégés, presque toutes les pêcheries ne présentent qu'une petite fraction de leur potentiel productif. Notre compréhension de la façon dont ces facteurs se combinent pour supprimer la productivité est limitée, mais elle a mis en évidence un défi important : aucune configuration du régime de gestion actuel ne peut inverser le déclin de la productivité des écosystèmes aquatiques dans les conditions écologiques et socio-économiques actuelles. Les pêcheries burkinabè sont prises dans un "piège de régénération" et toute stratégie visant à restaurer la productivité naturelle ne changera que marginalement les choses si elle n'aborde pas ce problème. Cette section examine ce piège d'un point de vue systémique afin de rechercher des modèles de comportement qui sont essentiels à l'émergence et au renforcement d'un tel piège. Il pourrait s'agir de points d'intervention critiques pour échapper au piège que les recherches et les expériences futures pourraient révéler.

La volonté de renforcer la sécurité alimentaire en développant d'autres piliers de la pêche, par exemple l'aquaculture dans la société burkinabè ne fait qu'augmenter à mesure que la perspective de restaurer la productivité de la pêche dans les écosystèmes aquatiques naturels diminue. Cette perspective de restauration semble aujourd'hui très faible. La pêche semble trop intense pour permettre l'établissement de populations reproductrices suffisamment fécondes pour dépasser les niveaux de production de la pêche. Bien que les espèces de poissons existent souvent en tant que communautés de diverses cohortes d'âge, par souci de simplicité, la figure 50 ne représente que trois cohortes, chacune étant arbitrairement assignée pour représenter la production d'une année. Bien qu'arbitraire, cette représentation de trois cohortes n'est peut-être pas si inexacte. Les marchés de poissons proposent rarement des poissons dont la taille est atteinte au cours des années 2 ou 3 (voir figure 40). Une explication est que les populations de poissons résiduels après la capture sont trop faibles en nombre et en taille pour produire suffisamment de descendants pour dépasser la production suivante et construire ainsi une population résidente plus nombreuse de poissons adultes plus grands et plus productifs. La production d'œufs et de sperme des poissons augmente de façon disproportionnée avec la taille corporelle (Barneche *et al.*, 2018), parfois de façon exponentielle. Non seulement une femelle plus grande et plus âgée pourrait produire 10 000 fois plus d'œufs qu'un poisson de première année beaucoup plus petit, mais aussi ses œufs auraient une capacité de survie beaucoup plus élevée. Ceci se justifie par le fait qu'ils contiennent des niveaux d'énergie supérieurs de plus d'un ordre de grandeur à ceux des femelles plus petites des cohortes des années précédentes.

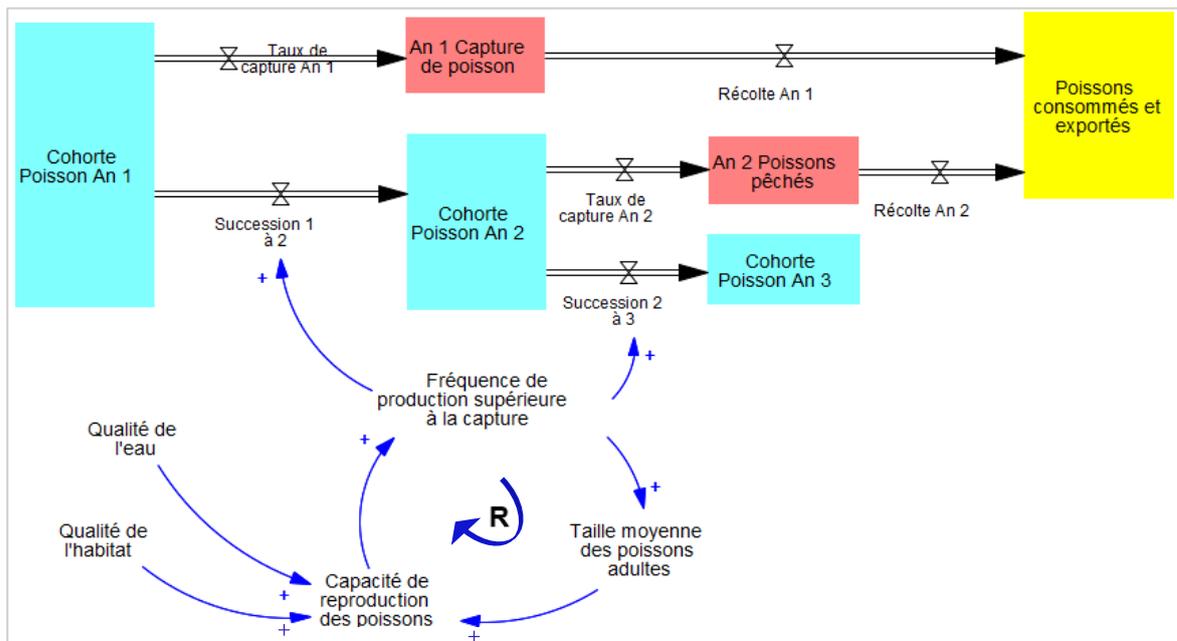


Figure 50 : Potentiel de régénération de la faune piscicole soumise à la surpêche au Burkina Faso

En résumé, les niveaux de production excessifs semblent créer un plafond empêchant la plupart des espèces de poissons de progresser vers la cohorte de deuxième ou troisième année. Il s'agit d'un cercle vicieux renforcé par les très petites tailles moyennes des adultes qui ne peuvent jamais dépasser les tailles de capture. En plus du plafond de production qui retient l'âge et la taille des poissons dans la cohorte de première année, la capacité de reproduction des poissons est également limitée par les impacts environnementaux sur la qualité de l'eau et de l'habitat. Dans le premier cas, la sédimentation et le ruissellement des intrants agricoles réduisent la qualité de l'eau. Dans le second cas, la suppression ou la détérioration de la structure de l'habitat réduit les possibilités pour les poissons de s'abriter, de se nourrir et de se reproduire.

Agro-industrie - obstacles à l'aquaculture

L'aquaculture est l'art et la science de l'augmentation artificielle de la productivité des pêches dans des habitats naturels ou synthétiques. Elle est apparue au fil des siècles dans d'autres pays, mais ce n'est qu'au cours des 50 dernières années qu'elle a été testée et développée sous ses formes technologiques les plus modernes en Afrique. Auparavant, seules des formes très simples d'aquaculture étaient pratiquées pendant la saison sèche dans les pays du Sahel comme le Burkina Faso, le Mali, le Niger et le Bénin, afin d'étendre la disponibilité du poisson aux communautés locales.

Si l'on mesure le succès de l'aquaculture comme la proportion de tous les poissons consommés, alors en Afrique de l'Ouest le taux de réussite varie de 30% au Nigeria à 14% au Ghana et moins de 2% au Burkina Faso et au Togo. En l'absence quasi-totale d'aquaculture, les 20% apportés par les pêches de capture au Burkina Faso sont complétés par 80% importés de l'étranger. Les importations de poisson comblent donc un vide dans la productivité de la pêche locale. Cet arrangement satisfait la demande actuelle en protéines, mais

comme l'augmentation de la population fait augmenter la demande, le Burkina Faso semble de plus en plus vulnérable aux sources alimentaires extérieures, et donc à la fiabilité du commerce mondial. L'incertitude croissante due aux aléas de la nature (climat) ainsi que la fragmentation de l'économie politique suggèrent que la sécurité alimentaire au Burkina Faso repose sur une base risquée.

Actuellement, les efforts pour augmenter la sécurité alimentaire se concentrent principalement sur l'aquaculture, puisque l'augmentation de la productivité des pêches de capture semble peu probable, ou, si possible, un scénario très coûteux et à long terme. L'aquaculture semble être une bonne opportunité de travail pour les femmes, car le secteur est jeune et en développement, et aucune norme culturelle n'a encore été établie. Cependant, malgré le plan national de 2011 visant officiellement une augmentation annuelle de 40 % de la production aquacole, ces gains semblent irréalisables. Ce plan prévoit d'augmenter le nombre de réservoirs. Cela stimule la production à court terme, mais ne tient pas compte des solutions à plus long terme qui consistent à augmenter la capacité de production des écosystèmes aquatiques existants en gérant les impacts de l'utilisation des terres qui dégradent la qualité de l'eau et des habitats. Une telle gestion améliorée permet également d'éviter que l'aquaculture ne pollue l'environnement en augmentant sa productivité. La capacité d'évaluation environnementale doit être renforcée afin d'anticiper les impacts et de surveiller les performances des utilisations nouvelles et existantes des terres.

Il est généralement recommandé d'établir l'aquaculture à petite ou moyenne échelle, y compris les petites ou moyennes entreprises et les systèmes basés sur la subsistance, qui évitent les menaces écologiques et le risque d'investissement inhérent aux systèmes à grande échelle. L'impact le plus élevé pour la réduction de la pauvreté est également posé par les systèmes de fermes artisanales à petite échelle, principalement par ses liens indirects forts avec la pauvreté, améliorant la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des pauvres. La section suivante examine certains des éléments clés qui bloquent l'introduction et le développement de l'aquaculture.

La question saillante pour le Burkina Faso est de savoir quelles barrières l'ont empêché d'établir avec succès l'aquaculture alors que son voisin du Sud, le Ghana, réalise déjà 14% de la consommation de poisson grâce à l'aquaculture. Un obstacle fréquemment mentionné est l'insuffisance des investissements, tant pour la formation nécessaire à l'amélioration des compétences de la production aquacole que pour le suivi des impacts environnementaux.

La figure 51 suggère que cet obstacle est une boucle de causalité induite par le fait que les importations étrangères de poisson peu coûteuses maintiennent les prix du poisson trop bas pour attirer les investisseurs à risquer de se lancer dans l'aquaculture ou même à faire de la recherche pour développer et améliorer la technologie. Les faibles perspectives de rentabilité dues aux faibles taux de production des variétés d'alevins de poisson disponibles soulignent la nécessité de cette recherche et de ce développement. En somme, le cycle est renforcé par deux manques (indiqués en rouge). La production de poisson au Burkina Faso est loin

de répondre à la demande, ce qui permet aux importations de dominer, et la domination étrangère maintient les prix en dessous des niveaux qui pourraient stimuler les investissements qui établiraient l'industrie à des niveaux compétitifs avec les acteurs mondiaux.

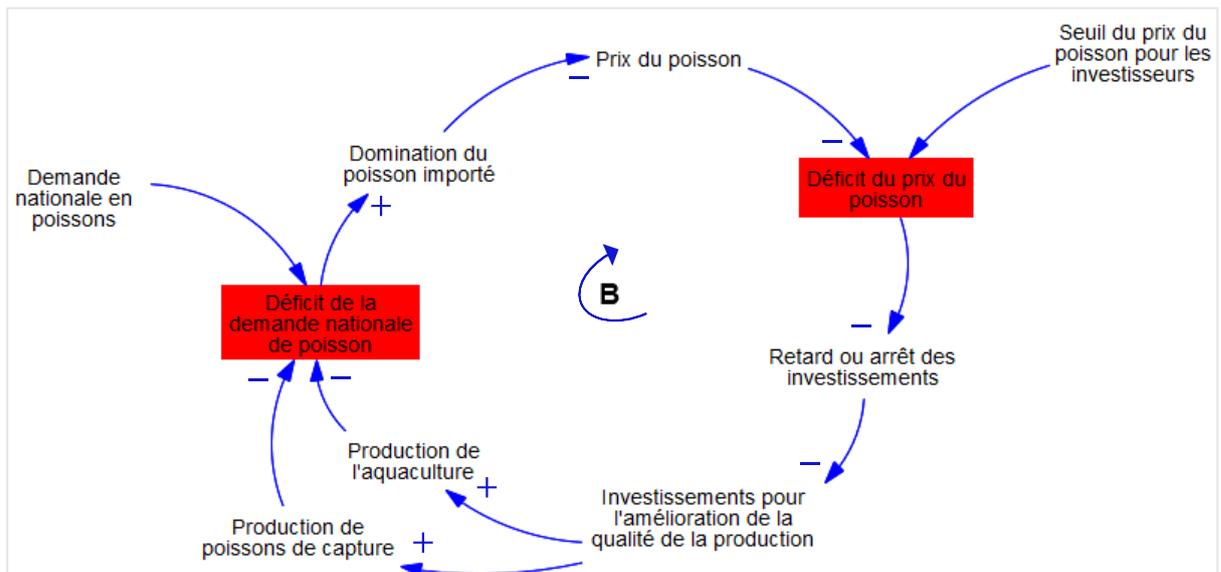


Figure 51 : Organisation de la filière poisson

Quels facteurs permettent aux acteurs étrangers (en particulier la Chine dans ce cas) d'expédier du poisson sur plus de 12 000 km et de le livrer moins cher que les poissons produits localement au Burkina Faso ?

Une série d'explications tourne autour des subventions induites par une politique commerciale qui met fortement l'accent sur l'exportation. Pendant 25 ans, l'économie de la République populaire de Chine a connu une croissance plus rapide que la plupart des économies basées sur l'exportation, et en 2013, elle a lancé une initiative (l'initiative "Belt and Road", alias la "Route de la soie") visant à investir massivement dans les infrastructures et à établir un réseau commercial mondial à travers 152 nations. Cette stratégie chinoise est une priorité nationale, permettant à l'État de subventionner et de réduire les coûts d'exportation. En conséquence, la Chine est l'un des principaux partenaires commerciaux de presque toutes les nations d'Afrique et de nombreuses autres nations dans le monde. Si l'on ajoute à cette initiative de la *Route de la soie* des subventions mondiales de plus de 500 milliards de dollars pour les combustibles fossiles, les coûts d'expédition sont à des niveaux historiquement bas, ce qui rend possible l'exportation sur de longues distances. Les revenus gagnés et l'établissement sûr de son réseau commercial mondial ont renforcé cette politique, et les subventions qui l'accompagnent, dans une boucle de rétroaction qui renforce et stimule chaque variable du cercle (figure 52).

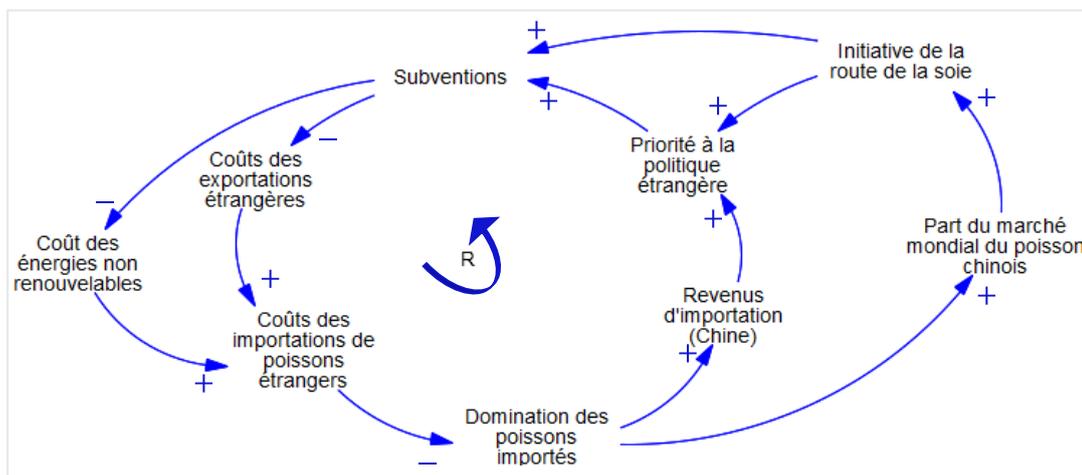


Figure 52 : Influence de la politique d'exportation chinoise sur les importations de poissons au Burkina Faso

Au cours des dernières décennies, les importations de poisson ont augmenté pour couvrir près de 80% de la consommation nationale. À une époque, au milieu du 20^e siècle, le Burkina Faso produisait presque tout le poisson consommé localement. Quels sont les facteurs qui ont fait que la demande de poisson a quadruplé la capacité de production locale ? Les taux de croissance de la population, parmi les plus élevés du monde, sont des facteurs évidents, mais la façon dont cela s'articule avec la migration, l'urbanisation et l'économie soulève des questions intéressantes (Figure 53). La croissance florissante des grandes villes du Burkina Faso est alimentée en partie par l'exode des communautés rurales dont les économies ne peuvent soutenir les populations au-delà de certains niveaux. Si l'on ne tient pas compte de la migration hors d'Afrique, il semble que le système national et même régional puisse absorber des niveaux de croissance aussi élevés. Les migrants qui arrivent dans les villes élargissent la réserve de main-d'œuvre et leur demande de ressources stimule l'économie urbaine. La demande alimentaire augmentera avec le simple nombre de personnes multiplié par le pouvoir d'achat accru d'une économie plus vaste et plus intégrée. Ce qui n'est pas reflété dans ces modèles hypothétiques, c'est le rôle que jouent les femmes en tant que personnes intermédiaires dans la chaîne de valeur de la pêche pour structurer la demande de poisson. Le rôle des femmes dans l'augmentation des importations de poisson étranger est abordé dans la section sur le genre.

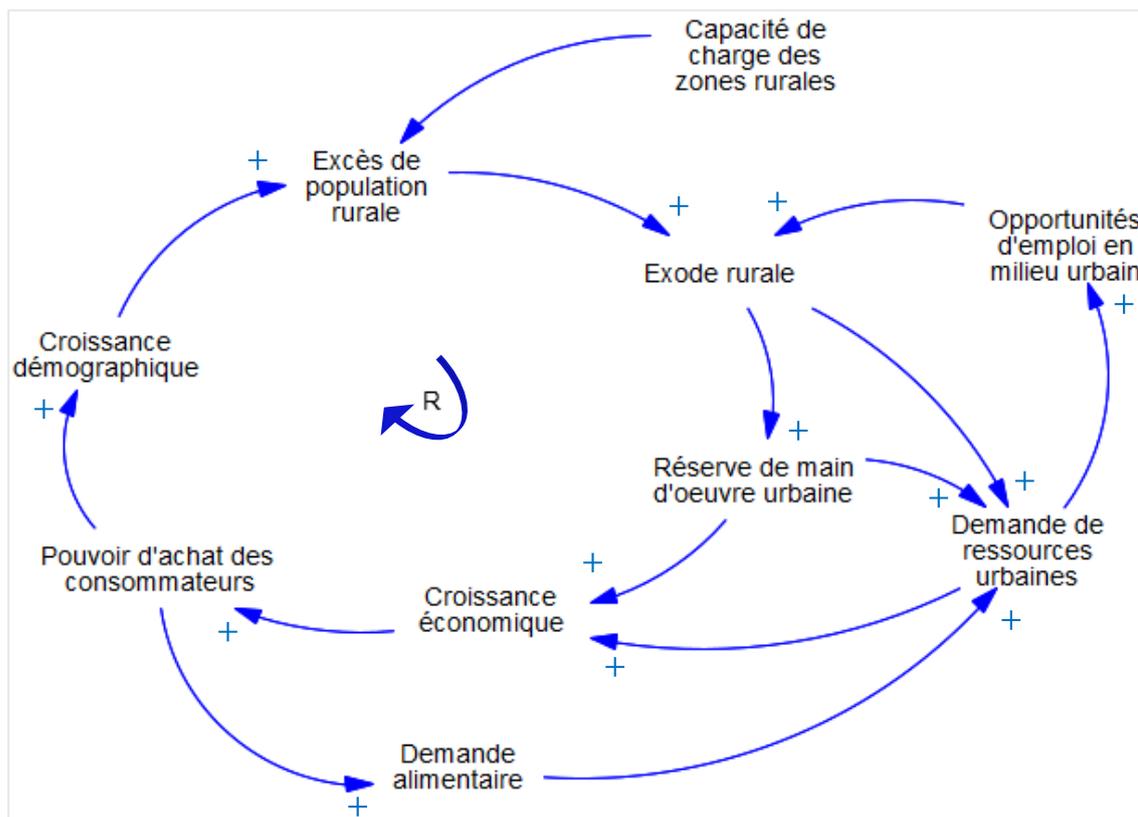


Figure 53 : Effet de la croissance urbaine sur la demande alimentaire

Commerce - valeur ajoutée dans la chaîne de production du poisson

La sécurité alimentaire ne se limite pas à garantir la quantité de nourriture qui parvient au consommateur. La qualité de l'alimentation est vitale pour la santé d'une manière générale et est particulièrement importante pour le développement physique et mental des enfants. Dans ce dernier cas, l'apport en protéines au cours de la première décennie de la vie est essentiel au développement cognitif de l'enfant. Le poisson contribue de façon importante à couvrir les besoins en protéines animales au Burkina Faso, de sorte que le maintien de la qualité du poisson de la capture au consommateur est une priorité importante de la politique de sécurité alimentaire.

Après la capture du poisson, sa qualité est maintenue ou augmentée à travers une série de processus connus sous le nom de "chaîne de valeur", comme décrit un peu plus en détail dans la section 8.3. Le maintien de la qualité est essentiel dans un climat chaud permanent où les microbes peuvent entraîner une détérioration rapide de la qualité des aliments. Pour maintenir la qualité, la chaîne de valeur doit livrer rapidement ses marchandises. En effet, environ 75 % des poissons capturés sont commercialisés à l'état frais par des grossistes et des détaillants. Sur le reste, 10 % sont autoconsommés et 15 % sont transformés avant d'être commercialisés.

Selon les statistiques nationales, la demande en poisson devrait continuer à augmenter en raison des besoins croissants d'une population en pleine croissance et au pouvoir d'achat accru. Du fait de l'augmentation de la

consommation du poisson dans les centres urbains aux dépend de celle du milieu rural, on assiste à une augmentation de la chaîne de valeur. Dans un tel contexte, il est nécessaire d'améliorer les normes (technologie, politique) afin de maintenir une bonne qualité du poisson fourni. La volonté des pouvoirs publics d'accroître les performances de la chaîne de valeur des captures nationales se trouve confrontée à la concurrence d'autres acteurs internationaux comme la Chine, d'où proviennent 80% du poisson consommé au Burkina Faso.

Cependant, le défi d'accroître et de garantir la sécurité alimentaire va au-delà de la simple modernisation des chaînes de valeur par de meilleures technologies, des pratiques et des politiques innovantes. L'efficacité de la chaîne de valeur ne peut être atteinte si l'approvisionnement en poissons diminue. Comme l'a révélé notre recherche, au Burkina Faso, les chaînes de valeur sont hétérogènes en termes de nombre de liens et de diversité des caractéristiques socioprofessionnelles des acteurs. L'une des raisons s'explique par le fait que tous les riverains ont tendance à devenir pêcheurs. L'accès est facile car aucune compétence particulière ou équipement spécial n'est requis, et un bon rendement financier est obtenu par la plupart des débutants. Bien que des réglementations existent pour contrôler l'utilisation des équipements, il n'y a pas d'application cohérente et efficace de ces réglementations. Les pêcheurs réalisent les marges bénéficiaires les plus élevées, par exemple (82% à 93%) par rapport aux mareyeurs (4% à 19%) et aux transformateurs/transformatrices (9% à 19%) dans la chaîne de valeur. Toutefois, si les mareyeurs perçoivent une marge bénéficiaire inférieure à celle des pêcheurs, ils gagnent globalement beaucoup plus que ces derniers grâce à leur production totale. Les mareyeurs (mareyeuses) fournissent souvent des prêts et d'autres aides financières aux pêcheurs, leur permettant d'acheter des équipements. Cependant, l'impact du préfinancement sur la concurrence entre les transformateurs/transformatrices de poisson et les mareyeurs (mareyeuses) devrait faire l'objet de recherches plus approfondies. Il semble que les investissements coûteux dans le transport peuvent réduire le revenu brut plus élevé des mareyeurs (mareyeuses) et, s'il y a un préfinancement de la part des transformateurs/transformatrices de poisson, les bénéfices importants leur reviennent en premier.

La plupart des pêcheurs étant généralistes (compétences et équipements limités) capturent les poissons de toute taille et toute espèce présent sur les lieux de pêche. Par conséquent, l'attractivité actuelle de la pêche peut conduire à la surpêche dans un domaine de plus en plus encombré de pêcheurs ignorant les conditions qui soutiennent les écosystèmes aquatiques. Cette surpêche conduit inévitablement à une baisse des rendements en poissons. La réduction de ce risque constitue un des objectifs de la gestion des pêches. Sans stabilité écologique, les pêcheries s'effondreront sous la pression d'une vague de pêcheurs peu expérimentés. Cette section évalue le défi de maintenir la qualité de l'écosystème tout en modernisant la chaîne de valeur en un système bien structuré d'acteurs ayant des compétences et des connaissances basées sur certaines espèces. Sans ces connaissances, la coopération entre les pêcheurs et le gouvernement est difficile, par conséquent, la gouvernance sera coercitive.

Obstacles à la restauration des populations naturelles de poissons

La surpêche n'est pas le résultat d'une cause unique. Elle émerge de nombreux facteurs qui sont liés dans de multiples modèles de comportement. Cette section explore quelques hypothèses sur ce que sont certains de ces modèles et comment ils sont liés. Ces défis politiques sont assez complexes, mais ce travail représente un début d'établissement de certaines des causes fondamentales du problème de la surpêche.

Comme il a été établi précédemment, les pêcheurs réalisent les taux de profit les plus élevés de la chaîne de valeur du poisson. Cela attire les hommes de tous les secteurs de la société rurale à s'essayer à la pêche pendant une partie de l'année. Bien que la concurrence et les rendements relativement faibles obligent la plupart d'entre eux à se tourner vers d'autres sources de revenus, la pêche continue d'être attrayante. La figure 54 montre comment la rentabilité peut entraîner une rétroaction qui renforce l'augmentation du nombre de pêcheurs, et donc des taux de pêche et des revenus de la capture, ce qui a pour effet d'augmenter les profits. Si l'on n'y prend garde, cette boucle de rétroaction renforçante continuera à faire augmenter toutes les valeurs. Il convient de noter que cette figure modélise le dilemme actuel mais n'aborde pas la possibilité que les taux de pêche entraînent des captures excessives et provoquent un plateau ou un effondrement de la production, détruisant ainsi la base de la chaîne de valeur de la pêche.

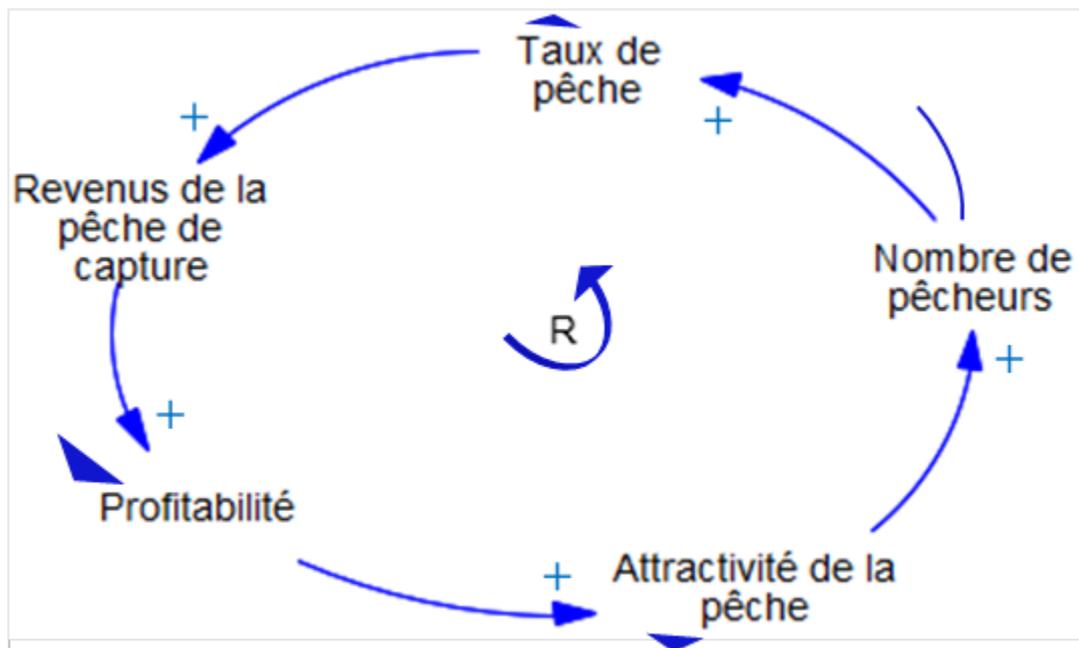


Figure 54 : Augmentation du taux de pêche lié à la rentabilité

Une telle boucle de rétroaction renforce le nombre de pêcheurs et le maintien des taux de pêche trop élevés pour permettre aux populations de poissons de restaurer leur capacité de reproduction naturelle (Figure 55). Une application correcte de la loi peut contrôler les zones aquatiques afin de connaître les périodes de pêche, le taux de pêche ainsi que les méthodes de pêche utilisées. Elle peut également contrôler l'accès aux pêcheries en accordant des permis à un nombre restreint de candidats sur la base de leurs connaissances et

compétence à pratiquer la pêche. Ce type de contrôle limiterait davantage la pêche en augmentant le coût d'accès à la profession de pêcheur, ce qui réduirait la rentabilité et donc l'attrait de la pêche (Figure 55).

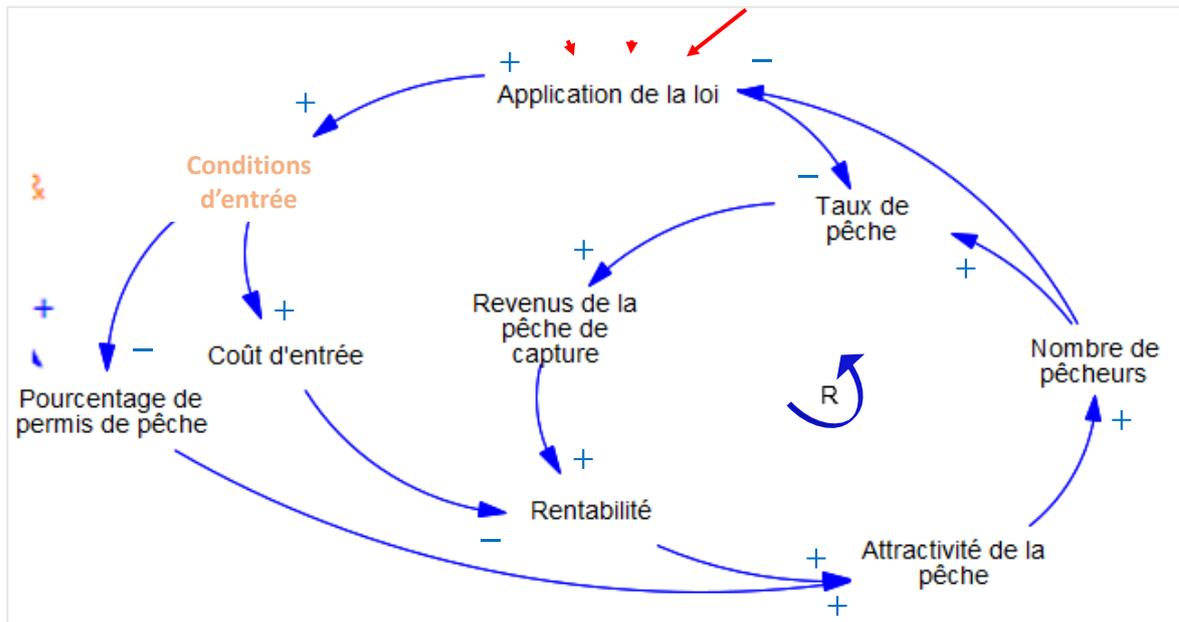


Figure 55 : Lutte contre la surpêche par l'application des textes

Dans de nombreuses cultures traditionnelles du monde entier, diverses espèces ont des "protecteurs humains" qui sont chargés de connaître les conditions des populations de proies de cette espèce et d'utiliser ces connaissances pour contrôler l'accès à ces ressources et ainsi maintenir leur intégrité. La figure 56 élargit le diagramme pour inclure quatre acteurs potentiels (identifiés par une police marron et en gras). Ces acteurs peuvent contribuer à cette fonction de "protecteur" soit individuellement, soit en coordination les uns avec les autres. L'application de la loi peut être administrée par des agents du gouvernement traditionnel (Kotigi ou Tengsoba), par des agents et/ou des membres d'associations de pêcheurs, et par des agents du gouvernement national ou leurs mandataires régionaux. Un exemple de ces derniers pourrait être les services de vulgarisation, qui fonctionnent dans de nombreux pays comme des experts chargés de former les agriculteurs, les pêcheurs et d'autres utilisateurs des ressources naturelles aux compétences nécessaires à l'utilisation durable de ces ressources. De tels agents font presque totalement défaut pour la pêche au Burkina Faso. Les facteurs (kit, compétences, connaissances et conditions d'entrée) par lesquels les agents d'exécution pourraient permettre ou refuser l'accès à la pêche sont indiqués en caractères orange.

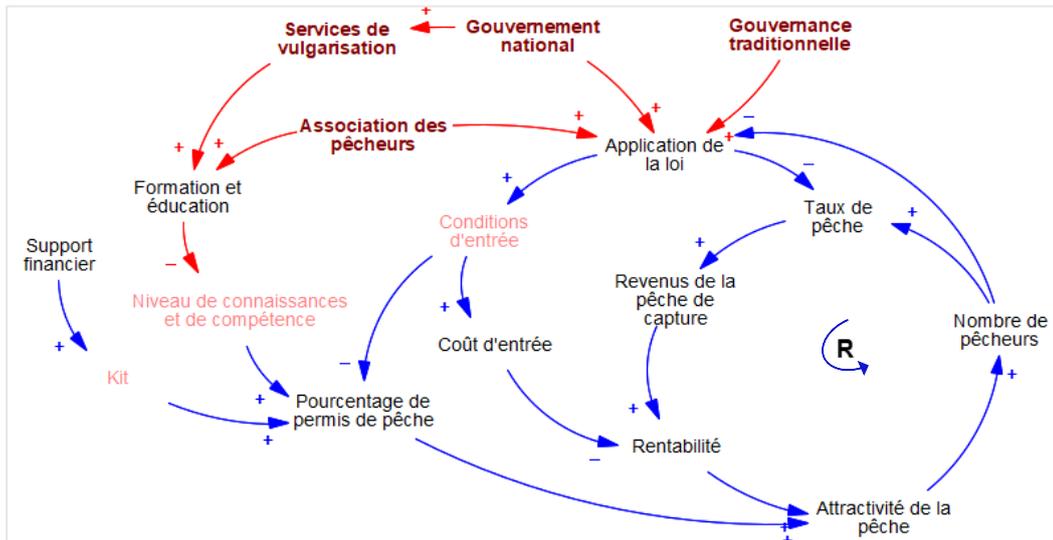


Figure 56 : La surpêche comme conséquence de la mauvaise gouvernance

Le genre - barrière à la deuxième phase de la démographie

La pêche commerciale est une activité relativement récente (1950) au Burkina Faso. Cependant, les contributions des hommes et des femmes n'ont pas suivi les modèles industriels "modernes" du Nord. Elles ont été façonnées par les notions traditionnelles des rôles de genre. Les hommes confectionnent, entretiennent les engins de pêche et capturent le poisson ; les femmes s'occupent de la valorisation c'est-à-dire la transformation et la commercialisation.

Cette différenciation des rôles entre les sexes est ancrée dans les modèles traditionnels d'organisation familiale. Les principaux rôles des femmes ont été familiaux et sociaux, c'est-à-dire qu'elles se sont occupées des besoins immédiats de la famille. Les femmes représentent une force économique importante dans la société burkinabè, fournissant parfois la majeure partie des revenus d'un ménage. Elles dépensent la majeure partie de leurs revenus pour contribuer au bien-être du ménage en améliorant la nutrition et la santé. Dans un monde centré sur les responsabilités domestiques, elles n'ont aucun précédent ou point de départ pour s'aventurer dans les activités réservées aux hommes.

Les femmes du Burkina Faso sont une force majeure au sein de leur foyer et dans l'arène domestique et elles disposent d'un réseau étendu pour leurs entreprises qu'elles gèrent en dehors du foyer. Ceci offre des possibilités de travail aux membres de la famille. Au Burkina Faso, les femmes sont autorisées à travailler en dehors du cercle familial, au marché, au bord de l'eau... En tant que commerçantes, les femmes ont développé des capacités sophistiquées pour faire face aux fluctuations de l'offre et de la demande. Elles se protègent contre l'incertitude en diversifiant leurs ventes et en investissant dans de nouvelles activités génératrices de revenus. En tant que commerçantes dont les achats approvisionnent les marchés, les femmes jouent un rôle majeur dans le choix des ressources naturelles qui entrent dans les circuits commerciaux.

Cette extension du domaine des femmes au-delà du foyer est soutenue à la fois par les grands-parents et par les enfants qui assument des tâches domestiques. L'ensemble du foyer, bien au-delà de la famille, assume de telles tâches, même des parents plus éloignés ou un ami de la famille venu en ville, à la recherche d'un emploi, peuvent être intégrés dans la sphère de travail du foyer. Comme sur le marché, les femmes jouent un rôle central dans le lien entre le producteur et le consommateur. C'est cette capacité qui a le potentiel de contribuer au développement de l'aquaculture et des pêches de capture naturelles. Dans ce dernier cas, elles (généralement des femmes) développent souvent des relations commerciales avec les pêcheurs en les finançant et en les soutenant d'une autre manière (réparation d'équipements). Les mareyeurs sont souvent des femmes mariées qui emploient des jeunes (filles et garçons). Ainsi, elles sont les principales actrices de toutes les opportunités et choix d'achat qui entraînent le poisson dans la chaîne de valeur. Elles pourraient influencer la quantité et la qualité des captures. Les mareyeurs sont économiquement les acteurs les plus importants (par rapport aux pêcheurs) dans le secteur du poisson. Ces initiatives commerciales lient un pêcheur à une femme, lui garantissant un approvisionnement en poisson à transformer. Les femmes s'organisent parfois en groupes pour accroître l'effet de levier et l'accès au financement, à la formation et à la supervision qui peuvent améliorer leurs capacités, à la fois individuellement et en tant que groupe. En tant que commerçantes, elles ont un intérêt personnel à augmenter la qualité de la capture de poisson.

Il est clair que l'industrie de la pêche a émergé selon des lignes traditionnelles de genre, mais de nos jours, il semble qu'il y ait encore de la place pour la flexibilité et l'innovation. Le passage très rapide de la pêche dans les cours d'eau à la pêche dans les réservoirs, en quelques décennies seulement, a nécessité le développement rapide de compétences et d'institutions de pêche. Il est possible que les rôles traditionnels des hommes et des femmes n'aient pas été fermement institutionnalisés dans un ensemble commun de compétences et de connaissances. Nous nous trouvons dans une transition inédite où de nouveaux arrangements et compromis entre les méthodes républicaines et traditionnelles sont testés à maintes reprises.

Obstacles à l'élargissement du rôle des femmes dans la pêche

La capture du poisson dans l'industrie de la pêche est principalement effectuée par les hommes, mais cette domination n'est pas le problème de genre le plus important dans la pêche burkinabè. La quasi-totalité des mareyeurs et des transformateurs sont des femmes ; elles participent à la prise de décisions concernant les achats dans les divers maillons de la chaîne de valeur (Figure 57).

Les décisions d'achat sont actuellement motivées par la disponibilité et le prix, de sorte que les importations de poissons étrangers moins chers dominent les marchés, en particulier les marchés urbains. Mais ces décisions dépendent également de la qualité du poisson disponible. Les femmes ont donc un intérêt inhérent pour le poisson frais de bonne qualité. Leurs décisions d'achat pour éviter le poisson impropre influencent le

marché. L'amélioration et la gestion durable des problèmes environnementaux nécessitent une meilleure initiative et une meilleure surveillance, par exemple une gouvernance durable des pêches, afin d'améliorer l'application de la réglementation (figure 55) pour finalement renforcer l'intégrité des habitats et des écosystèmes aquatiques. Cela pourrait conduire à des améliorations tant pour l'industrie de la pêche que celle de l'aquaculture.

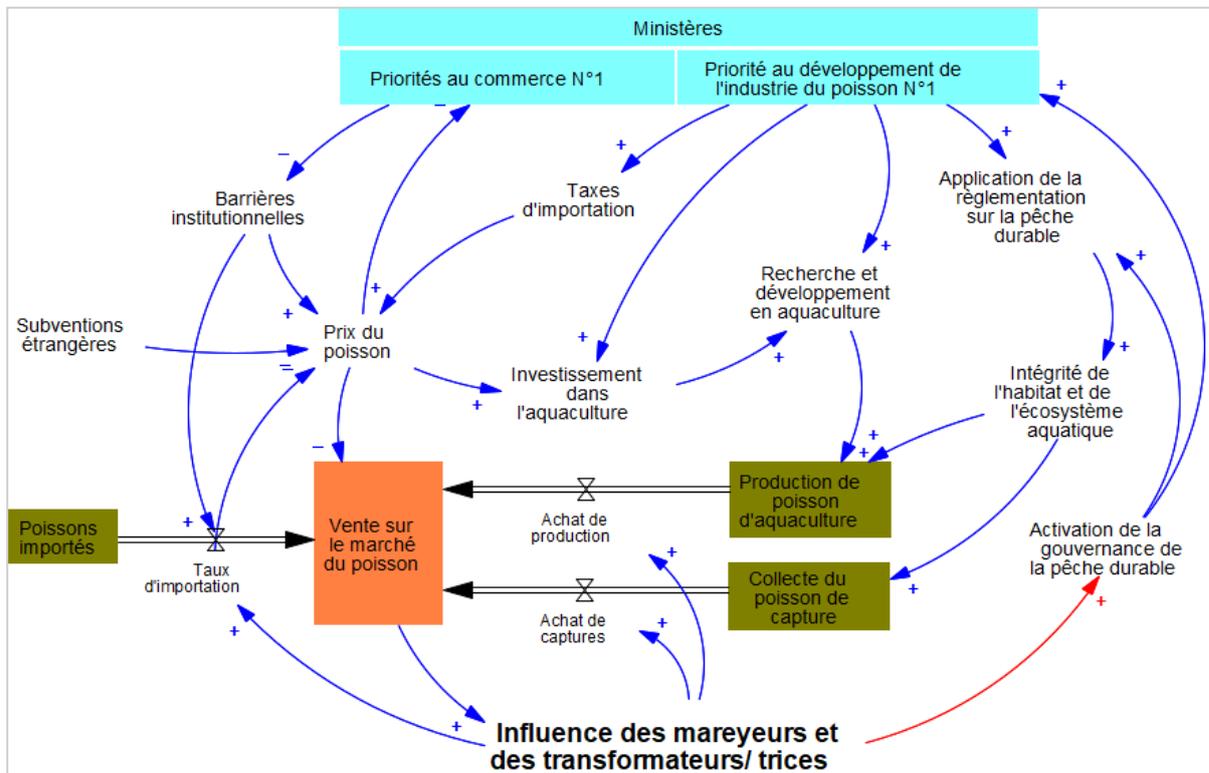


Figure 57 : Influence des femmes sur la production et le commerce du poisson au Burkina Faso

Un des défis majeurs est que la gouvernance de la pêche au Burkina Faso n'a jamais soutenu des programmes d'éducation, d'application de la politique ou de recherche et développement qui établissent une compréhension commune des problèmes ou une confiance dans la gouvernance. Comme indiqué dans la section 8.1, le nomadisme institutionnel a changé la responsabilité de la gouvernance de la pêche si bien que souvent il n'y a pas d'accord sur qui est en charge et comment procéder. Au milieu d'une telle incertitude, il n'y a pas de compréhension ou de conséquences pour empêcher la surexploitation des ressources.

L'un des facteurs contribuant à cette confusion est le manque d'influence des personnes ayant un réel intérêt économique dans la pêche. Les femmes en tant que commerçantes et transformatrices (individuellement ou en coopérative) n'ont qu'une faible influence sur l'efficacité de la gouvernance durable des pêches (flèche rouge). Leur intérêt pour du poisson plus sain et un environnement plus propre est à peine pris en compte dans la formulation et la mise en œuvre des politiques de la pêche. L'orientation et l'efficacité de la gouvernance pourraient changer si l'expérience et les préférences des femmes en matière de marché pouvaient être ajoutées aux contributions à la gouvernance locale, régionale et nationale. L'influence des

femmes pourrait également croître à mesure que leur expérience et leurs compétences en matière de gouvernance se développent. Par exemple, pour combler le déficit de production de poisson au Burkina Faso, la politique du gouvernement privilégie les solutions à court terme comme l'augmentation des importations plutôt que les stratégies à plus long terme visant à améliorer et moderniser les secteurs de la capture du poisson et de l'aquaculture. L'intérêt des femmes, à la fois pour un environnement plus propre et pour la stabilité domestique, pourrait aider à faire évoluer les priorités du gouvernement dans le commerce vers des investissements à long terme. Ceci permet d'augmenter et d'améliorer leurs chaînes d'approvisionnement en poisson par la recherche et le développement en aquaculture ainsi que l'amélioration de la qualité et de la quantité de la production de la pêche de capture. Cela pourrait être la base pour tester les politiques qui ont fonctionné au Ghana voisin pour limiter les importations de poisson afin de créer un espace favorable pour le développement de l'industrie aquacole.

Synthèse

La science de la durabilité est fondée sur le principe que les échecs politiques du siècle dernier résultaient d'une hypothèse erronée. On pensait qu'une seule discipline (généralement l'économie ou l'ingénierie) était suffisante pour comprendre les problèmes et rechercher des solutions potentielles. Les projets SUSFISH et SUSFISH-plus ont évité ce piège en élargissant le champ d'investigation aux sciences naturelles, à l'agro-ingénierie, à l'économie et aux sciences sociales. Chaque discipline ou ensemble de disciplines a soulevé des questions distinctes qui, à elles seules, identifient des modèles de comportement susceptibles de réduire considérablement les chances d'atteindre la sécurité alimentaire par l'établissement de pêcheries durables, qu'elles soient naturelles ou artificielles. Les relations qui lient ces quatre domaines offrent un aperçu des moyens par lesquels différents secteurs de la nature et de la société renforcent les modèles comportementaux qui maintiennent les pêcheries dans un état dégradé, de plus en plus incapables de soutenir la sécurité alimentaire (Figure 58). Suivant cette approche pluridisciplinaire, nous avons examiné quatre questions d'intérêt actuel pour la durabilité de la pêche au Burkina Faso à savoir les obstacles de la restauration des écosystèmes, les obstacles au développement de l'aquaculture, le défi qui régit la gouvernance de la chaîne de valeur de la pêche et la question genre.

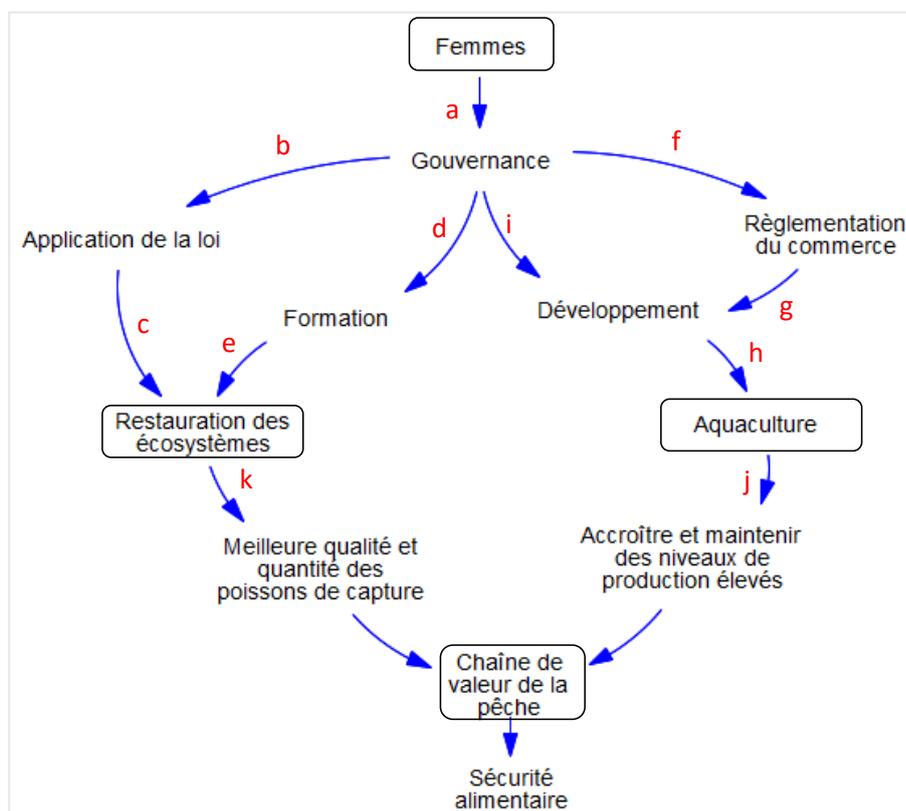


Figure 58 : Synoptique de la filière poisson au Burkina Faso

La figure 58 montre que les femmes peuvent mettre à profit l'expérience du marché (a) pour équilibrer l'économie et la politique dans la gouvernance. Cela pourrait les aider à atteindre leurs objectifs qui sont de garantir l'approvisionnement (j et k) en poissons de qualité (k). A cet effet, la restauration de l'écosystème en améliorant l'application (b) des politiques de pêche ou de l'utilisation des terres et du contrôle de la pollution est nécessaire. Ces objectifs pourraient également être atteints en développant la formation (d) pour améliorer les connaissances et les compétences des pêcheurs, ce qui permettrait de mieux protéger l'habitat et de pêcher dans les limites des populations de poissons existantes. Une meilleure gouvernance pourrait également tenter de réguler le commerce (f) afin que le prix subventionné du poisson importé qui est bas n'étouffe pas les investissements (g), et donc le développement (h) de l'aquaculture. La gouvernance pourrait également cibler directement la recherche et le développement (i) pour établir une industrie aquacole moderne et fonctionnelle.

Points d'intervention

A) Piège de la régénération

Les écosystèmes aquatiques locaux et leurs pêcheries devraient être restaurés expérimentalement au cas par cas. Des études pilotes devraient tester diverses approches visant à accroître l'offre et la sécurité alimentaires locales, et partant, à réduire la forte demande en poisson pour restaurer l'intégrité des habitats locaux et la productivité des populations de poissons.

B) Aquaculture

Attribuer une responsabilité claire à un ministère pour développer l'aquaculture par le biais d'une recherche financée impliquant des projets pilotes et des programmes. Ces projets et programmes permettront de former les acteurs concernés et d'établir la confiance et la compréhension dans la société tout en augmentant la conformité et la coopération avec la politique de pêche.

C) Chaîne de valeur

- La base de la chaîne de valeur pour les pêches de capture doit être renforcée par une meilleure mise en application des normes de connaissances et d'équipements employés par ceux qui sont autorisés à pêcher et de contrôler leur nombre.

- Les connaissances et les compétences doivent être améliorées par la mise en place et le fonctionnement d'un service de vulgarisation exclusivement consacré à la pêche, afin de fournir une formation de meilleure qualité aux pêcheurs.

D) Genre

- Les femmes, en tant que commerçantes, devraient être intégrées dans la gouvernance de la pêche, car leurs choix soutiendront le développement des éléments de la production halieutique nationale. Ceci peut être accompli en prenant en compte les associations de femmes intervenant dans le secteur de la pêche et de l'aquaculture dans les institutions de gouvernance.

- Les programmes de formation destinés aux femmes devraient être élargis au-delà des questions domestiques et être conçus pour renforcer leurs capacités économiques et de gestion.

Chapitre 12 : Perspectives

Raymond Ouédraogo et Nomwine Da

Le projet SUSFISH a ciblé les trois principales composantes de la pêche au Burkina Faso, à savoir les composantes politique, humaine et naturelle dont les interactions aboutissent à la production de la pêche. Des résultats fiables ont été obtenus et doivent être utilisés. A cet effet, l'objectif général des présentes recommandations est de favoriser l'intégration des résultats dans la formulation et la mise en œuvre des politiques de pêche et des politiques connexes. Pour ce faire, pour chaque recommandation, la pertinence du sujet sera expliquée avant de formuler la recommandation elle-même.

Protection de la migration des poissons

La migration des poissons est d'une importance cruciale pour l'écologie des poissons, en particulier pour leur reproduction. Plus généralement, la protection de la connectivité longitudinale des cours d'eau est prescrite par la législation, notamment par la loi d'orientation sur la gestion de l'eau au Burkina Faso (AN, 2001) dont l'article 40 stipule : « Les ouvrages construits dans le lit des cours d'eau doivent maintenir un débit minimal garantissant la vie aquatique. Lorsqu'ils sont situés dans des cours d'eau fréquentés par des poissons migrateurs, ils doivent également être équipés de dispositifs de franchissement ». Cependant, il existe peu d'étude sur ce sujet au Burkina Faso. Par conséquent, il n'existe pas de prototype de passe à poissons, même le peu de passe qui existe n'est pas adapté. Il a été démontré que tout cours d'eau, aussi petit soit-il, est une voie de migration pour les poissons. Cela permet la colonisation de nouveaux réservoirs et, annuellement, des plans d'eau saisonniers (Arrington et *al.*, 2005 ; Kerezszy et *al.*, 2017).

Recommandation : L'article 40 de la loi d'orientation sur la gestion de l'eau au Burkina Faso (Assemblée Nationale, 2001) pourrait être reformulé afin de préciser que tout barrage (digue) doit comporter une passe à poissons quel que soit le type de cours d'eau sur lequel il est construit. Il faudrait également vulgariser les textes législatifs, intégrer des ouvrages de franchissement et encourager la recherche dans ce domaine.

Echantillonnage des poissons

Au Burkina Faso, l'administration des pêches et les services de recherche procèdent souvent à des échantillonnages de poissons appelés aussi pêches expérimentales. Cependant, la stratégie d'échantillonnage diffère selon les institutions, les personnes impliquées, les moyens utilisés, etc. Ceci rend difficile la comparaison de la population de poissons d'une eau à une autre ou l'étude de son évolution temporelle dans la même eau. Ce problème a été rencontré lors de l'élaboration de la liste rouge des espèces de poissons, qui consistait à évaluer l'état de conservation des espèces de poissons. Cela nécessitait de faire l'historique de la fréquence des espèces sur le territoire national. La disparité réside dans les engins de pêche

utilisés, la saison, l'expertise du personnel (pêcheurs et scientifiques), le choix des habitats, car la diversité des espèces capturées en dépend.

Les pêches expérimentales peuvent alors être standardisées. A cet effet, une fiche technique a été élaborée et acceptée par le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) en 2017. Elle stipule que pour pêcher le plus grand nombre d'espèces possible, l'échantillonnage sera effectué en saison des pluies, le filet épervier sera utilisé, et la pêche sera réalisée dans la plus grande diversité d'habitats. En outre, d'autres engins de pêche seront utilisés et les captures de la pêche commerciale seront observées. Cette fiche technique doit être appliquée après amélioration si nécessaire.

Fermes aquacoles gouvernementales

Au cours des études sur les potentiels aquacoles et sur l'amplification des pêcheries, il est ressorti que les stations aquacoles de l'État sont confrontées à d'énormes difficultés techniques. Ces difficultés ne leur permettent pas d'atteindre pleinement leurs objectifs d'être des sites de recherche et de développement, de formation et de démonstration des technologies dans le domaine de l'aquaculture ainsi que d'assurer la disponibilité des semences de poissons (Ouédraogo, 2016 ; Da et *al.*, 2019 ; Sawadogo et *al.*, 2019). Ainsi, dans certaines stations, un bon nombre d'étangs ne peuvent être alimentés en eau par gravité (Figure 59) comme prévu initialement. Dans d'autres stations, les étangs sont régulièrement inondés. Enfin la construction d'étangs dans d'autres stations a commencé mais n'a jamais été achevée.

Recommandation

Un audit technique devrait être réalisé dans les fermes de l'État présentant des problèmes techniques. L'historique des exploitations ou de leur extension sera fait, en insistant sur les défauts constatés dans les études de faisabilité, les qualifications du personnel impliqué dans la construction des infrastructures, les procédures technico-administratives. Par ailleurs, des possibilités de correction seront proposées.



Figure 59 : Station d'aquaculture de Bazèga : difficulté de remplissage par système gravitaire (Source : Ouédraogo, 2010)

Fermes d'aquaculture privées

L'étude sur le potentiel de l'aquaculture a révélé que le suivi des fermes privées par l'administration de la pêche se limitait uniquement aux aspects techniques (la physico-chimie) de l'aquaculture, sans prêter attention aux aspects économiques qui sont parfois complètement ignorés. Cependant, les activités aquacoles ne peuvent être durables que si elles sont économiquement viables. En d'autres termes, personne n'investira dans l'aquaculture si elle ne génère pas de revenus. Alors que les candidats à l'aquaculture sont de plus en plus nombreux, la promotion de l'aquaculture privée est l'une des priorités de la stratégie nationale actuelle en matière de ressources halieutiques. Mais le secteur privé ne la soutiendra pas tant que sa rentabilité financière n'est pas prouvée.

Recommandation

Lors de la création de fermes aquacoles privées, les techniciens doivent analyser le potentiel de rentabilité financière, même en l'absence d'un économiste ou d'un socio-économiste dans l'administration des pêches. L'apport d'une telle expertise permettra de révéler les aspects socio-économiques de l'aquaculture.

Amplification des pêcheries

L'amplification du potentiel de production des pêcheries est l'une des actions prioritaires de la stratégie nationale des pêches (MAHRH, 2010), qui est également encouragée par le Code forestier (Assemblée Nationale, 2011). Au Burkina Faso, les actions d'amplification les plus importantes sont le repeuplement en poissons, l'introduction d'espèces et l'aménagement des frayères. Comme l'illustre la Figure 61, depuis deux décennies, des campagnes de repeuplement sont organisées chaque année en utilisant des poissons juvéniles provenant principalement des stations d'aquaculture de l'État (Da et al., 2019). Des introductions de nouvelles espèces ont également eu lieu, mais peu de cas sont documentés. Nous n'avons pas eu connaissance d'une introduction réussie et correctement documentée, mais des échecs ont été signalés. C'est le cas de *Heterotis niloticus* dans le réservoir de Boulmiougou à Ouagadougou en février 1986 (Baijot et al., 1994) et de Boalin, Ziniaré en 2005 (Ouédraogo et al., 2015). La gestion des frayères consiste à délimiter une zone inondée et à s'assurer que les poissons l'utilisent pour se reproduire. Les pêcheries de Ziga, Kompienga et Bagré en ont bénéficié (figure 60). Les réservoirs de Kompienga, de Bagré, de Douna et de Samendeni font l'objet d'une fermeture saisonnière de la pêche. Malheureusement, cette restriction d'accès est toujours rejetée par certains pêcheurs et femmes transformatrices de poisson qui déclarent n'avoir aucune autre source de revenus si la pêche est interdite même momentanément. Il convient de noter que ni l'empoissonnement, ni la gestion des frayères, ni l'introduction d'espèces, ni la fermeture saisonnière de la pêche ne bénéficient d'une stratégie suffisamment élaborée, comprenant un plan de suivi approprié pour garantir une documentation adéquate de l'activité. En d'autres termes, il n'existe pas de normes pour la gestion des frayères (identification, dimensionnement et délimitation), le repeuplement (espèces, densité de stockage, espèces présentes dans le plan d'eau, etc.), l'introduction d'espèces et la fermeture de la pêche.

Recommandation :

Des cadres techniques (directives ou normes) devraient être élaborés et appliqués pour chacun des types d'amplification les plus courants. Ce travail sera basé sur la littérature mais aussi sur les expériences de l'administration des pêches au Burkina Faso et dans les pays voisins.



Figure 60 : Zone de frayère dans le réservoir de Kompienga (Batiéné, 2016)



Figure 61 : Campagne d'empoissonnement dans le réservoir de Samendeni en 2018 (source : lefaso.net.)

La liste des espèces de poissons

Le Burkina Faso ne dispose pas encore d'une liste officielle des espèces de poissons existant. Cependant, il s'agit d'une exigence législative inscrite dans le Code forestier (Assemblée Nationale, 2011) qui, dans son article 177, stipule que : « *Un arrêté ministériel dresse la liste des espèces de poissons existant déjà dans les eaux burkinabè et dont la manipulation et le transfert d'une région à une autre à l'intérieur du pays ne nécessitent aucune autorisation préalable.* »

Même sans cette demande, il est scientifiquement et techniquement raisonnable de disposer d'une liste des espèces de poissons du Burkina Faso. Grâce à l'échantillonnage de poissons sur une très grande partie du

pays, SUSFISH a identifié 82 espèces de poissons. Cependant, des zones cruciales n'ont pas pu être visitées en raison de l'insécurité. C'est le cas des zones protégées de l'Est du pays, qui abritent probablement des espèces introuvables ailleurs. Par conséquent, pour le moment, la liste des espèces de poissons n'est pas remise à l'administration de la pêche pour les prochaines étapes administratives de formalisation.

Recommandation :

Après les projets SUSFISH et SUSFISH-plus, l'administration des pêches devrait poursuivre l'exploration avec l'appui technique de l'Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) et/ou du Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales de l'Université Joseph KI-ZERBO. Pour ce faire, il faut rappeler qu'une bonne planification est nécessaire pour atteindre les objectifs fixés (Ouédraogo et *al.*, 2015). Même si pendant la saison des pluies, les routes ne sont pas très praticables, c'est tout de même pendant cette saison que l'on rencontre la plupart des espèces de poissons (Ouédraogo, 2010 et Mano, 2016).

Aperçu d'un futur projet

Comme pour SUSFISH, les activités d'un futur projet de recherche et développement seront basées sur les problèmes rencontrés dans la contribution de la pêche au développement socio-économique. Ainsi, l'envasement des plans d'eau est une préoccupation majeure au point que la réhabilitation d'un lac naturel est en cours de réalisation et celle d'un autre lac est en cours de formulation (Ouédraogo, 2018 et APPEAR, 2020). Parmi les phénomènes qui peuvent attirer l'attention du projet, il y a l'interaction entre les animaux domestiques et les plans d'eau, notamment la production piscicole.

L'interaction entre les animaux domestiques et les poissons s'étend à l'aquaculture dont la production et l'intégration dans les activités agro-sylvo-pastorales sont fortement encouragées au Burkina Faso. Le projet pourrait donc se concentrer sur la pisciculture intégrée à la riziculture, à l'aviculture et à l'élevage porcin. Cette forme d'aquaculture n'est pas intensive, mais elle peut permettre une production importante de poissons et d'autres animaux tout en optimisant l'utilisation des ressources naturelles, humaines et financières.

Références bibliographiques

- Aboua B.R.D., Kouamelan E.P. et N'Douba V. (2012). Development of a fish-based index of biotic integrity (FIBI) to assess the quality of Bandama River in Cote d'Ivoire. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 404-408.
- Abowei, J.F.N. (2009). Aspects of *Hemisyndontis membranaceus* (Greffroy-st Hilare, 1809) Population Dynamics from the Fresh Water Reaches of Lower Nun River, Niger Delta, Nigeria. *Advance Journal of Food Science and Technology* 1(1): 27-34.
- MIR (2018) : Etudes de faisabilité sur la mise en place d'un fonds de développement de la pêche et de l'aquaculture. Rapport final. Ministère des Ressources Animales et Halieutiques. Published 28. August 2018, 101.
- Akpabio, I.A., Inyang, E.B. (2007). Major constraints affecting aquaculture development in Akwa Ibom State, Nigeria. *African Journal of Aquatic Science* 32, 45–50. <https://doi.org/10.2989/AJAS.2007.32.1.7.144>
- Altschul, S.F., Madden, T.L., Schaffer, A.A., Zhang, J., Zhang, Z., Miller, W., Lipman, D.J. (1997). Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Res.* (25), 3389-3402.
- Amin, O., Evans, R., Boungou, M., Heckmann, R. (2015). Morphological and molecular description of *Tenuisentis niloticus* from *Heterotis niloticus*, in Burkina Faso, with emendation of the family diagnosis and notes on new features, cryptic genetic diversity and histopathology. *Springer, Syst Parasitol*, 93, 173–191
- APPEAR (2020). Former scholarship holder and national project coordinator of APPEAR project SUSFISH-plus met the President of Burkina Faso and presented the APPEAR project. Retrieved 22 January 2020 from : <https://appear.at/en/news/article/2017/06/susfish-plus-project-partners-took-part-in-thelaunching-ceremony-for-lake-bam-restorationproject/> .
- Assemblée des Députés du Peuple, (1997a). Loi N°006/97/ADP du 31 janvier 1997 portant code forestier au Burkina Faso. Burkina Faso : Assemblée des Députés du Peuple.
- Assemblée des Députés du Peuple, (1997b). Loi N°006/97/ADP portant Code Forestier au Burkina Faso. Burkina Faso : Assemblée des Députés du Peuple.
- Assemblée Nationale (2001). Loi N°002-2001/AN portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau. Assemblée Nationale du Burkina Faso.
- Assemblée Nationale (2011). Loi n°2011-003/AN du 5 avril 2011 portant Code Forestier.
- Arrington, D. A., Winemiller, K.O. et Layman, C.A. (2005). Community assembly at the patch scale in a species rich tropical river. *Oecologia* 144, 157-167.
- Ba H. (2006), La participation des femmes dans les groupements économiques en milieu urbain dans le secteur des pêches à Dakar (Thèse de Doctorat, Université de Laval, Faculty of higher education).

- Bado E., Baro S., Guimbri B.A., Kaboré C., Kaboré K., Ouattara D.C., Ouédraogo N., Soubeiga Z., Yerbanga R.A., Zerbo H. (2007). Analyse de la filière pêche au Burkina Faso, Burkina Faso, MAHRH, p46.
- Baijot, E., Moreau, J., et Bouda, S. (1994) : Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale ACP/ CEE. Commission des Communautés Européennes. DG VIII D5, Brussels, Belgium.
- Baijot, E., Ouédraogo, M., et Traoré, A. C. (1994). Contexte socio-économique et culturel de la pêche dans les retenues d'eau. In E. Baijot, J. Moreau, & S. Bouda (Eds.), Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne. Le cas du Burkina Faso (pp. 172–192). Brussels : Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale.
- Bandelt, H., Forster, P., Rohlf, A. (1999). Medianjoining networks for interfering intraspecific phylogenies. *Mol Biol Evol* 16 (1), 37-48.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. et Stribling, J.B. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers : Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA/841/B-99/002. US Environmental Protection Agency ; Office of Water, Washington, D.C. 20460.
- Barcode of Life Database: <http://www.boldsystems.org/index.php>
- Barneche, R, Robertson, D. R., White, C. et Marshall, D. (2018). Fish reproductive-energy output increases disproportionately with body size. *Science*. 360. 642-645. 10.1126/science.aa06868.
- Baron, J., S., Poff, N., L., Hairston, N., G., Jr., Angermeier, P., L., Richter, B., D., Jackson, R., B., Dahm, C., N., Johnston, C., A., Steinman, A., D., et Gleick, P., H. (2002). Meeting ecological and societal needs for freshwater; ESA Report. *Ecological Applications* 12(5), 1247-1260.
- Barry, B. Obuobie, E., Andreini, M., Andah, W., Pluquet, M. (2005). The Volta River Basin. Comparative Study of River Basin Development and Management. pp. 11–188. Online: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.662.3537&rep=rep1&type=pdf> (visited on 29 September 2019).
- Beck, H., Zimmermann, N., McVicar, T., Vergopolan, N., Berg, A. et Wood, E. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5(180214), 12.
- Béné C. (2007). Diagnostic study of the Volta Basin Fisheries Part 1 / overview of the Volta Basin fisheries resources. Report commissioned by the Focal Basin Project / Volta. Cairo Egypt: WorldFish Center Regional Offices for Africa and West Asia, 31 p.
- Béné, C., et Merten, S. (2008). Women and fish-forsake: transactional sex, HIV/AIDS and gender in African fisheries. *World development*, 36(5), 875-899.
- Bennett E. (2005). Gender, fisheries and development. *Marine policy*. 29(5), 451-459.
- Blin, M. A. (1977). La pêche en Haute Volta. Rapport préparé pour le projet de développement des ressources forestières de la faune sauvage et de la pêche. Rome.

- Breine J., Van Thuyne G. et De Bruyn L. (2015). Development of a fish-based index combining data from different types of fishing gear. A case study of reservoirs in Flanders (Belgium). *Belg. J. Zool.*, 145(1), 17-39
- Boelee, E., Cecchi, P., Kone, A. (2009). Health impacts of small reservoirs in Burkina Faso. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. IWMI Working Paper 136. 50p. doi:10.3910/2009.202
- Boelee, E. (2009) Climbing the Water Ladder: Multiple-Use Water Services for Poverty Reduction; IRC International Water and Sanitation Centre and International Water Management Institute: The Hague, The Netherlands.
- Bouda, S. (2002). Généralités sur la pêche au Burkina Faso de la période coloniale à l'année 1997. In G. B. Kabré & S. F. Magnini (Eds.), Recueil des expériences du projet "Gestion de la pêche dans le Sud-Ouest" Burkina Faso, 11–37. Ouagadougou : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques.
- Breuil, C. (1995). Revue du secteur des pêches et de l'aquaculture: Burkina Faso. In FAO Fisheries Circular, 888. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Caballer Revenga J. (2019). GIS Based Analysis of the Environmental and Societal Importance of the Reservoirs in Burkina Faso (Master Thesis, University of Natural and Life Sciences, Vienna)
- Caminade, C. et Terray, L. (2010). Twentieth century Sahel rainfall variability as simulated by the ARPEGE AGCM, and future changes. *Climate Dynamics*, 35(1), 75–94.
- Casatti L. et Teresa F. B. (2012). A multimetric index based on fish fauna for the evaluation of the biotic integrity of streams at a mesohabitat scale. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24 (4), 339-350.
- Cecchi P., Meunier-Nikiema A., Moiroux N. S. et Bougaire F. (2007). Why an Atlas of Lakes and Reservoirs in Burkina Faso? p.20, Africa GIS'07, Ouagadougou, Burkina Faso, 17 - 20 September 2007
- Cecchi P., Nikiema A., Moiroux N., et Sanou B. (2009). Towards an atlas of lakes and reservoirs in Burkina Faso. In Andreini M et al (eds.), Small reservoirs toolkit. IWMI, Colombo, Sri Lanka, 23 p. http://www.smallreservoirs.org/full/toolkit/docs/Ila%2002%20Faso%20MAB_ML.pdf
- Cohn F J. (1853). Über lebendige Organismen im Trinkwasser. *Z. klin. Med*, 4, 229-237. (Quoted by Ellenberg et al. 1991)
- Costa P. F. et Schulz U. H. (2010). The fish community as an indicator of biotic integrity of the streams in the Sinos River basin, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 70, (4), 1195-1205
- Coulibaly N. (2003). Local Names and Traditional Knowledge: Common Names of Commercial Fish Species of the Upper Volta Bassin in Burkina Faso. In: Fish Biodiversity, Local Studies as Basis for Global Inferences, edited by Maria Lourdes D Palomares, Birane Samb, Taib Diouf, Daniel Pauly, and Jan Michael Vakily, 215–22. Brussels: ACP-EU Fisheries Research Report.
- Couty, P. (1989). Mais c'était dans un autre pays : recherches sur la pêche et le commerce du poisson dans le Bassin tchadien avant et après les indépendances. *Cahiers Des Sciences Humaines*, 25(1-2), 9–19.

- Da N., Ouédraogo R. et Coulibaly N.D. (2019). Etude de la pêche amplifiée au Burkina Faso. Projet de recherche Susfish – Sustainable Management of Water and Fish Resources in Burkina Faso. August 2019. 33 p.
- Dagenais H. et Piche D. (2000). Conceptions et pratiques du développement: contributions féministes et perspectives d'avenir, in BISILLIAT Jeanne et VERSCHUUR Christine (dir.), Le genre: un outil nécessaire. Introduction à une problématique. Paris, L'Harmattan, 31-36.
- Damyanova S., Ivanova I. et Ignatova N. (2014). Water quality assessment of aquatic ecosystems using ecological criteria – case study in Bulgaria. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 28(6), 1050-1056.
- Das M. K. R. et Samanta S. (2006). Application of an index of biotic integrity (IBI) to fish assemblage of the tropical Hooghly estuary. *Indian J. Fish.* 53(1), 47-57.
- DGPSA (2007). Production d'un atlas dynamique sur la sécurité alimentaire du Burkina Faso. Document de projet. Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles. Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, February 2007, 8 p.
- Dibloni, O. T., Vermeulen, C., Guenda, W. et Millogo, N. A. (2010). Structure démographique et mouvements saisonniers des populations d'hippopotame commun, *Hippopotamus amphibius* Linné 1758 dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Tropical Conservation Science*, 3 (2), 175-189.
- Dickens, C. W. S. et Graham, P.M. 2002. The South African Scoring System (SASS) Version 5 Rapid Bioassessment Method for Rivers. *African Journal of Aquatic Science* 27: 1-10.
- Dicko, Y. (2018). Pêcheries et chaînes de valeur du poisson de la pêche de capture au Burkina Faso: Cas de la commune de Koubri. (Diploma Thesis), Institut de développement Rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 87p.
- Doso, S. (2014). Land degradation and agriculture in the Sahel of Africa: causes, impacts and recommendations. *J. Agric. Sci. Appl.*, 3(3), 67-73. DOI : 10.14511/jasa.2014.030303.
- Ekomo, E. (2001). Mutations socio-économiques et conditions de vie des ménages ruraux au Cameroun. *Revue française de Sociologie*, 42(2), 281-294. European Commission (2000). Directive 2000/60/ EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 Establishing A Framework for Community Action in the Field of Water Policy. OJEC, L 327, 1–73.
- FAO (2018). FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2016/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2016/ FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2016. Rome/Roma
- Fausch, K. D., Lyons, J., Karr, J. R. et Angermeier, P.L. (1990). Fish communities as indicators of environmental degradation. In *Biological indicators of stress in fish*. American Fisheries Society Symposium 8, Bethesda, Maryland, USA, 8, 123-144
- Ficke, A.D., Myrick, C.A. et Hansen, L.J. (2007). Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Rev. Fish Biol. Fisheries*, 17, 581–613.
- Fofana, A. (2018) Pêcheries et chaînes de valeur des poissons de la pêche de capture au Sourou (Burkina Faso) (Mémoire de Master, Université Nazi Boni).

- Fofana, H. (2011). Diversité des populations de crevettes d'eau douce et leur régime alimentaire dans les barrages de Konioudou, Nagbangre et Napagbtenga (Diploma Thesis).
- Fowe, T, Karambiri, H, Paturel, JE, Poussin, JC, Cecchi, P, 2015. Water balance of small reservoirs in the Volta basin: a case study of Boura reservoir in Burkina Faso. *Agricultural Water Management* 152, 99-109.
- Frangoudes, K., et Keromnes, E. (2008). Women in Artisanal Fisheries in Brittany, France. *Development*, 51 (2), 265–70. <https://doi.org/10.1057/dev.2008.20>
- Froehlich, H.E., Gentry, R.R., Halpern, B.S. (2017). Conservation aquaculture: Shifting the narrative and paradigm of aquaculture's role in resource management. *Biological Conservation* 215, 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.012>
- Froese, R. et D. Pauly. (2014). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org. Visited November 2014.
- Ganasan, V. et Hughes, R. M. (1998). Application of an index of biological integrity (IBI) to fish assemblages of the rivers Klan and Kshipra (Madhya Pradesh), India. *Freshwater Biology*, 40, 367-383.
- Gartside, D. F. (2009). A History of Fishing. In *The role of food, agriculture, forestry and fisheries in human nutrition* (pp. 105–139). EOLSS. Geneious Prime 2019.2.3.: <https://www.geneious.com/>
- GIRE-BF (2001). Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion. Ministère de l'Environnement et de l'Eau. 252 p.
- Grassl, H. (2012). "Hans Grassl GmbH." <http://www.hans-grassl.com/>
- Guareschi, S, Gutierrez-Canovas, C, Picazo, F, Sanchez-Fernandez, D, Abellan, P, Velasco, J, Millan, A. (2012). Aquatic macroinvertebrate biodiversity: patterns and surrogates in mountainous Spanish national parks. *Aquatic Conservation*, 22, 598-615.
- Guenda, W. (1996). Etude faunistique, écologique et de la distribution des insectes d'un réseau hydrographique de l'Ouest africain : le Mouhoun (Burkina Faso); rapport avec *Similium damnosum* Theobald, vecteur de l'onchocercose. Thèse d'état, Université Aix-Marseille, p 260.
- Harrod, C. (2015). Climate change and freshwater fisheries. In: J.F. Craig, ed., *Freshwater Fisheries Ecology* (pp.641–694). [online] Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84984856960&doi=10.1002%2F9781118394380.ch50&partnerID=40&md5=d6731a2be91310a1f43260ee53e5fef8>
- Hassal, A. H. (1850). A microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London. Samuel Highley : 60 p. (Cité par Sharma et Moog, 1996)
- Hay, C.J., Van Zyl, B.J. et Steyn, G.J. (1996). A quantitative assessment of the biotic integrity of the Okavango river, Namibia, based on fish. *Water South Africa*, 22, 263–284.

- Hebert, P., Cywinska, A., Ball, S.L., deWaard, J.R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 270, 313-321. doi:10.1098/rspb.2002.2218
- Hebert, P., Penton E., Burns, J., Janzen, D., Geiger, M. (2004). Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astrartes fulgerator*. *PNAS* (2004) 101, (41)
- Hellawell, J M. (1986). Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier London. (Quoted by Sharma and Moog, 1996)
- Hugueny, B., Camara, S., Samoura, B. et Magassouba, M. (1996). Applying an index of biotic integrity based on fish assemblages in a West African river. *Hydrobiologia*, 331, 71–78.
- Hundscheid, L. (2019). Aquaculture in Burkina Faso - A niche in transition (Master Thesis, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna).**
- Issahaku, A.-R., Champion, B.B. et Edziyie, R. (2018). Climate variability, water levels, and fish catch in the Upper East Region of Ghana. *Environmental Quality Management*, 27(3), 43–51. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048681158&doi=10.1002%2Ftqem.21544&partnerID=40&md5=afd792a7314436aa8887a7d13a13d69b>
- IUCN (1993). Draft IUCN Red List Categories. IUCN, Gland, Switzerland.
- IUCN/SSC Criteria Review Working Group. (1999). UICN Red List Criteria Review provisional report: draft of the proposed changes and recommendations. Species 31-32: 43-57.
- Jacob, J. (2003). Fishing Rights on the Floodplains of Gwendegue. Winye Country, Central Western Burkina Faso. 121, 1–24.
- Jacob, J. (2007). Les Droits de Pêche en Plaine Inondée. In: Terres Privées, Terres Communes. Gouvernement de La Nature et Des Hommes En Pays Winye (Burkina Faso) (pp.151–75), edited by Jean-pierre Jacob, IRD Edition, Marseille. <https://books.openedition.org/irdeditions/10360?lang=fr#text>.
- Kabré, T., Souleymane, S., Innocent, M. (2014) Aquaculture en zone sahelo soudanienne au BFA. 6368–6385.
- Kaboré, D.P. (2014). Financial profitability and technical efficiency of horticultural crops in the Nakambe River watershed in Burkina Faso. *Journal of Development and Agricultural economics*, 6 (7), 405-411.
- Kaboré, I., Moog, O., Alp, M., Guenda, W., Koblinger, T., Mano, K., Ouéda, O., Ouédraogo, R., Trauner, D., et Melcher, A.H. (2016a). Using macroinvertebrates for ecosystem health assessment in semi-arid streams of Burkina Faso. *Hydrobiologia*, 766, 57–74. Doi : 10.1007/s10750-015-2443-6**
- Kaboré I. (2016). Benthic invertebrate assemblages and assessment of ecological status of water bodies in the Sahelo Soudanian area (West Africa, Burkina Faso) (Doctoral Thesis. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria, 202p)**

- Kaboré, I., Ouédraogo, I., Tampo, L., Ouéda, A., Moog, O., Guenda, W., Melcher, A.H. (2016b). Composition and dynamic of benthic macroinvertebrates community in semi-arid area rivers of Burkina Faso (West Africa). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(4): 1542-1561.
- Kaboré I., Jäch, M. A., Ouéda, A., Moog, O., Melcher, A.H., Guenda, W., (2016c). Dytiscidae, Noteridae and Hydrophilidae of semi-arid rivers and reservoirs in Burkina Faso: species inventory, diversity and ecological notes.- *J. Bio. Env. Sci.* 8 (4), 1-14. ISSN: 2220-6663 (Print) 2222-3045 (Online).
- Kaboré, I., Moog, O., Ouéda, A., Sendzimir, J., Ouédraogo, R., Guenda, W., Melcher A.H. (2018). Developing Reference Criteria for the Ecological Status of African Rivers. *Environmental Monitoring and Assessment* 190(2). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6360-1>
- Kadye, W. (2008). The application of a Fish Assemblage Integrity Index (FAII) in a Southern African river system. *Water S.A.*, 34, 25-32.
- Karr, J. R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6(6).
- Karr, J. R., Fausch, K. D., Angermeier, P. L., Yant, P. R., et Schlosser, I. J. (1986). Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. *Illinois Natural History Survey*, Champaign, Illinois, Special Publication 5, 28 p
- Karr, R. et Chu, E. W. (1999). *Restoring Life in Running Waters: Better Biological Monitoring* Island Press. Washington, DC.
- Kassam, L., Dorward, A. (2017). A comparative assessment of the poverty impacts of pond and cage aquaculture in Ghana. *Aquaculture*, 470, 110- 122.
- Kassibo, B. (2000). Les systèmes traditionnels d'aménagement des pêches et leur impact dans le cadre de la lutte contre la pauvreté au Mali (pêcheries fluviales dans le Delta Central du Niger). Seminar on the Livelihoods and Fisheries Management in the Sahelian Region, 78–92. Ougadougou, Burkina Faso: CIFA/PD/FAO.
- Kerezszy, A., Gido, K., Magalhaes, M., F. et Skelton, P. H. (2017). The Biota of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Fishes. In: Thibault Datry, Nuria Bonada, Andrew Boulton, editors, *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*, Burlington: Academic Press, 2017
- Kiendrebeogo, P. A. (2018). Gouvernance et transition dans les pêcheries au Burkina Faso : cas de la vallée du sourou (Di, Niassan, Gouran). Université Nazi Boni.
- Ki-Zerbo, J. (1978). *Histoire de l'Afrique Noire, d'hier à demain* (Librairie). Paris.
- Kneibelsberger, T., Dunz, A. R., Neumann, D., Geiger, M. F. (2015). Molecular diversity of germany's freshwater fishes and lampreys assessed by DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources*, 15 (3), 562-72.
- Koblinger, T. et Trauner D. (2013). Benthic invertebrate assemblages in water bodies of Burkina Faso (Master Thesis, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna) p 156.

Kolenati (1848). Über Nutzen und Schaden der Trichopteren, Stettiner entomol. Ztg. 9. (Quoted by Ellenberg et al. 1991) (in German).

Kolkwitz, R. et Marsson, M. (1902). Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Kgl. Prufanst. Wasserversorg. Abwasserbeseitigung Berlin 1: 33-72. (Quoted by Ellenberg et al. 1991)

Konate, Y. (2019). Gender relations and management of fishery products: sexo-specific roles in the sustainable management of fisheries in the municipality of Koubri. University Nazi Boni, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Koussoube, Y., Upton, K., Dochartaigh, B., et Bellwood-Howard, I. (2018). Africa Groundwater Atlas: Hydrogeology of Burkina Faso. British Geological Survey, Visited 05.06.2019: <https://www.bgs.ac.uk/africagroundwateratlas/index.cfm>

Lae, R., Ecoutin, J-M., et Kantoussan, J. (2004). The use of biological indicators for monitoring fisheries exploitation: Application to man-made reservoirs. *Aquat. Living Resour.* 17, 95-105.

Lae, R. et Leveque, C. (2006). La pêche. In Leveque, C. and Paugy, D. Eds. (2006): Les poissons des eaux continentales africaines; diversité, biologie, utilisation par l'homme. Editions de l'IRD. Paris, 2006. 520 p.

Leboulanger, C., Bouvy, M., Pagano, M., Dufour, R-A., Got, P., Cecchi, P. (2008). Responses to planktonic microorganisms from tropical reservoirs to paraquat and deltamethrin exposure. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 56, 39-51. DOI : 10.1007/s00244-008-9164-z

Lehmann, E., Fargues, M., Nfon Dibie, J-J., Konate, Y., de Alencastro, L.F. (2018). Assessment of water resource contamination by pesticides in vegetable-producing areas in Burkina Faso. *Environmental Science and Pollution Research* 25, 3681–3694. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0665-z>

Leveque, C., Paugy, D. et Teugels, G. G. (1990). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. ORSTOM, Paris et MRAC, Tervuren. Tome 1. 1-384.

Leveque, C., Paugy, D. et Teugels, G. G. (1992). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. ORSTOM, Paris et MRAC, Tervuren. Tome 2. 385-902

Leveque, C. et Quensiere J. (1994). Peuplements ichtyologiques des lacs peu profonds ; Fish communities in shallow lakes. In Leveque, C., Bruton, M., N. et Ssentongo, G., W. Eds. (1988) : Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains ; Biology and ecology of African freshwater fishes. ORSTOM 1994. 490 p

Leveque, C. (2006a). Biogéographie. In Leveque, C. et Paugy, D. Eds. (2006) : Les poissons des eaux continentales africaines ; diversité, biologie, utilisation par l'homme. Editions de l'IRD. Paris, 2006. 520 p.

Leveque, C. (2006b). Les introductions d'espèces dans les milieux naturels et leurs conséquences. In Leveque, C. and Paugy, D. Eds. (2006): Les poissons des eaux continentales africaines ; diversité, biologie, utilisation par l'homme. Editions de l'IRD. Paris, 2006. 520 p.

Leveque, C (2006c). Réponses aux conditions extrêmes in Leveque, C. and Paugy, D. Eds. (2006) : Les poissons des eaux continentales africaines; diversité, biologie, utilisation par l'homme. Editions de l'IRD. Paris, 2006. 520 p.

- Leveque, C., Paugy, D. et Duponchelle, F. (2006). La reproduction in Leveque, C. et Paugy, D. Eds. (2006) : Les poissons des eaux continentales africaines; diversité, biologie, utilisation par l'homme. Editions de l'IRD. Paris, 2006. 520 p.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M. (2000). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12 pp. First published as special lift-out in *Aliens* 12, December 2000. Updated and reprinted version : November 2004.
- Magnini, S. F. (2002). Appropriation des ressources halieutiques et recherche d'un consensus social sur la gestion durable, Etude dans la zone du projet. Gestion de la Peche dans le Sud-Ouest. Bobo-Dioulasso.
- Mahe, G., Dray, A., Paturel, J.E., Cres, A., Kone, F., Manga, M., Cres, F., Djoukam, J., Maiga, A., Ouédraogo, M. (2002). Climatic and anthropogenic impacts on the flow regime of the nakambe river in burkina faso. *Int. Assoc. Hydrol. Sci. Publ.*, 274, 69–76.
- MAHRH (2010). Stratégie nationale de développement durable des ressources halieutiques à l'horizon 2025. Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques Burkina Faso. Septembre 2010.
- Mano, K. (2016). Fish Assemblages and Aquatic Ecology Integrity in Burkina Faso (Doctoral Thesis. University of Natural and Life Sciences, Vienna.)**
- McCormick, F. H., Peck, D. V. et Larsen, D. P. (2000). Comparison of geographic classification schemes for mid-Atlantic stream fish assemblages. *Journal of the North American Benthological Society* 19, 385-404.
- MEE. (2001). Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion. Version finale. Ministère de l'Environnement et de l'Eau. Gestion Intégrée des Ressources en Eau du Burkina Faso, 241 p.
- MEE et MEF (2003). Arrêtée N° 00-003/MEE/MEF portant fixation des redevances des licences de commercialisation du poisson au Burkina Faso. Burkina Faso.
- Meimberg, H., Schachtler, C., Curto, M., Husemann, M., Habel, J.C. (2016). A new amplicon-based approach of whole mitogenome sequencing for phylogenetic and phylogeographic analysis: An example of East African white-eyes (Aves, Zosteropidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 102, 74-85. Doi : 10.1016/j.ympev.2016.05.023
- Melcher, A. H., Ouédraogo, R. et Schmutz S. (2012). Spatial and seasonal fish community patterns in impacted and protected semi-arid rivers of Burkina Faso. *Ecological Engineering*, 48, 117-129.**
- Melcher, A. H., et al. (2019). Annual report of the SUSFISH-Plus project. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.**
- Meulenbroek, P. (2013). Fish Assemblages and Habitat Use in the Upper Nakambé Catchment, Burkina Faso. Master Thesis, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.**

- Meulebroek, P., Stranzl, S., Ouéda, A., Sendzimir, J., Mano K., Kaboré I., Ouédraogo R., Melcher A., (2019). Fish Communities, Habitat Use, and Human Pressures in the Upper Volta Basin, Burkina Faso, West Africa. *Sustainability*, 11, 5444. Doi : 10.3390/su11195444
- Miller, J. (2006). The potential for development of aquaculture and its integration with irrigation within the context of the FAO special programme for food security in the Sahel. In Halwart, M., Dam, A.A. van (Eds.), *Integrated Irrigation and Aquaculture in West Africa: Concepts, Practices and Potential*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Ministère des Ressources Animales et Halieutiques (2013). Stratégie nationale de développement durable de la pêche et de l'aquaculture à l'horizon 2025. (SN-DPPA). In print Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (2007). Programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques [Trans: Burkina Faso National Climate Change Adaptation Plan (NAP)]. Ouagadougou.
- Moeykens, M. D. (2002). Using benthic macroinvertebrates for biomonitoring in mid-Atlantic highland streams (Ph.D. dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.
- Mohammed, E.Y. et Uruguchi, Z.B. (2013). Impacts of climate change on fisheries: Implications for food security in sub-saharan Africa. In M.A. Hanjra, ed., *Global Food Security: Emerging Issues and Economic Implications*. New York: Nova Science Publishers, Inc., pp.113–135.
- Moog, O., Schmutz, S., Schwarzinger, I. (2018). Biomonitoring and Bioassessment. In Schmutz, S., Sendzimir, J. (Eds.). *Riverine Ecosystem Management, Science for Governing Towards a Sustainable Future* (P: 371-390). https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_19
- MRAH et MIR. (2018). Etudes de faisabilité sur la mise en place d'un fonds de développement de la pêche et de l'aquaculture. Rapport provisoire. Manuscrit non publié, dernière modification 25 Juillet. Fichier PDF. Ouagadougou.
- Nahavandi, F. (2000). Les idées sous-jacentes aux théories du développement. In: F. Nahavandi (dir.), *Globalisation et néolibéralisme dans le Tiers-Monde*, Paris, *L'Harmattan*, p. 25-41.
- Naigaga, I., Kaiser, H., Muller, W. J., Ojok, L., Mbabazi, D., Magezi, G. et Muhumuza, E. (2011). Fish as bioindicators in aquatic environmental pollution assessment: A case study in Lake Victoria wetlands, Uganda. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36, 918–928.
- Ngure, F., Gelli, A., Becquey, E., Ganaba, R., Heady, D., Huybregts, L. (2019). Exposure to Livestock Feces and Water Quality, Sanitation, and Hygiene (WASH) Conditions among Caregivers and Young Children: Formative Research in Rural Burkina Faso. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 100 (4), 998–1004. Doi : 10.4269/ajtmh.18-0333
- Nunan, F., Hara, M. et Onyango, P. (2015). Institutions and Co-Management in East African Inland and Malawi Fisheries: A Critical Perspective. *World Development*. Elsevier Ltd, 70, 203–214. Doi : 10.1016/j.worlddev.2015.01.009.

- Oueda, A., Guenda, W., Kabre, A. T., Zongo, F. et Kabré, G. B. (2007). Diversity, abundance and seasonal dynamic of zooplankton community in a south-saharan reservoir (Burkina Faso). *J. Biol. Sci.*, 7 (1), 1–9.
- Ouéda, A. (2009). Zooplancton et écologie alimentaire des poissons des lacs artificiels de Bagré et de Loubila (Burkina Faso) (Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou 156 p).
- Ouédraogo, I. (2013). Influence des facteurs chimiques sur la distribution spatiale du Zooplancton dans les lacs de barrage n°2 et n°3 de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) Mémoire de DEA Université de Ouagadougou, 70p).
- Ouédraogo, I. (2018). Biodiversité et distribution des mollusques d'eau douce au Burkina Faso (Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, 202p).
- Ouédraogo, R. (2010). Fish and fisheries prospective in arid inland waters of Burkina Faso, West Africa (Doctoral Thesis, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria. November 2010. 231 p).
- Ouédraogo, R., Soara, A. E., Zerbo, H. (2015). Caractérisation du peuplement piscicole du réservoir de Boalin, Ziniaré (Burkina Faso) deux décennies après l'introduction de *Heterotis niloticus*. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 9(5), 2488-2499.
- Ouédraogo R. (2016). Rapport du consultant en aquaculture générale. Projet GCP/RAF/254/MUL Intitulé « Création d'opportunités d'emploi pour les jeunes dans le secteur de l'agroalimentaire par le biais de systèmes aquacoles et de chaînes de valeur du manioc durables en Afrique de l'Ouest» et Projet TCP/BKF/3501 Intitulé: Validation et dissémination de systèmes intégrés d'aquaculture - agriculture (rizipisciculture et autres) à travers l'approche champs-écoles des producteurs. Représentation de la FAO au Burkina Faso. Ouagadougou 29 Janvier 2016. 46 p.
- Ouédraogo, R. (2018). Restauration et protection du lac Dem. Etudes détaillées sur l'environnement et l'élaboration d'un schéma d'aménagement de l'espace naturel du lac Dem. Etude halieutique. Rapport APD provisoire. Ouagadougou, 18 Septembre 2018. 55 p
- Paillaugue, J. (2019). Climate change impacts on fish resources in Burkina Faso (Master's thesis, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna and University of Copenhagen, Denmark).
- Paugy, D., Leveque, C. et Teugels, G. G. (2003)a. Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1, IRD Editions, coll. *Faune et Flore tropicales*, 40, 457 p
- Paugy, D., Leveque, C. et Teugels, G. G. (2003)b. Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2, IRD Editions, coll. *Faune et Flore tropicales*, 40, 815 p. + CD
- Paugy, D., Leveque, C., et Lavoue, S. (2011). Poissons d'Afrique et peuples de l'eau. Marseille : IRD Editions.
- <https://books.openedition.org/irdeditions/8336>
- Paugy, D. et Leveque, C. (2017). Impacts of human activities. In: D. Paugy, C. Leveque and O. Otero, eds., The inland water fishes of Africa: Diversity, ecology and human use. Marseille: IRD Editions, pp. 460–478.

- Perrot, C.-H. (1989). Le système de gestion de la pêche en lagune Aby au XIXe siècle (Côte d'Ivoire), *Cahier des Sciences Humaines*, 25, 177–188.
- Pinto, B.C.T., Araujo, F.G., Hughes, R.M. (2006). Effects of landscape and riparian condition on a fish index of biotic integrity in a large southeastern Brazil river. *Hydrobiologia*, 556, 69–83
- Pinto, B. C. T. et Araujo, F. G. (2007). Assessing of biotic integrity of the fish community in a heavily impacted segment of a Tropical River in Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 3, 489-502
- PNG (2009). Document de la politique nationale genre au Burkina Faso, 56 p. Online: <https://burkinafaso.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/PolitiqueNationaleGenre2009.pdf> , le 08/04/2018
- Pont, D., Hugueny, B. et Rogers, C. (2007). Development of a fish-based index for the assessment of river health in Europe: The European Fish Index. *Fish. Manage. Ecol.*, 14, 427–439.
- Poussin, J.C., Renaudin, L., Adogoba, D., Sanon, D., Tazen, F., Dogbe, W., Fusillier, J.L., Cecchi, P. (2015). Performances of small reservoir irrigated schemes in Upper Volta basin: two case studies in Burkina Faso and Ghana. *Water Resources and Rural Development*, 6, 50-65.
- Président de la Haute Volta (1981). Ordonnance 81 0009/PRES/MET portant organisation et règlementation de la pêche.
- Rajot, J.L., Ribolzi, O., Planchon, O. Karambiri, H. (2005). Wind and water erosion of non cultivated sandy soils in the Sahel: a case study in northern Burkina Faso, Africa. Conference Paper. IWMI Conference Chapters or Papers. Accessed Online: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75735>
- Reinert, M., Janicot, S., Aubertin, C., Martial, B., Dounias, E., Guegan, J.-F., Lebel, T., Mazurek, H. et Sultan, B. (2015). Climate change What challenges for the South? Online: https://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/divers19-02/010065868.pdf
- Rioux, C., Levesque, M.-C., Kleiser, M., Brethes, J.-C., Titat, G. et Gagnon, L. (2010). Etude sur la chaîne de valeur et la gouvernance territoriale de la filière halieutique : Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes, Îles-de-la-Madeleine (Québec), Rapport présenté à la Conférence régionale des élu(e)s 52, Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, 95p. https://www.uqar.ca/uqar/recherche/unites_de_recherche/cermim/2010_filiere_halieutique.pdf. Accessed on the 20 October 2019.
- Roman, B. (1977). Etude du plancton des retenus d'eau alimentant la ville de Ouagadougou (Haute Volta). Notes et documents Voltaïques, CVRS, 11(1), 1-52.
- Roman, B. (1979). Etude du plancton des retenues d'eau alimentant la ville de Ouagadougou (3^{ème} étude). Notes et documents Voltaïques, CVRS, 12(1-4), 50 -111.
- Roussel, F., Serazin, T., Henichart, L., Ropars-Collet, C., Lesueur, M. (2011). Diversification des activités de pêche en Manche: Etat des lieux et conditions de développement. Rapport d'étude. Programme Interreg Manche – CHARM 3, in Les publications du Pole halieutique AGROCAMPUS OUEST n°3.

- Sanchez-Fernandez, D., Abellan, P., Mellado, A., Velasco, J., Millan, A. (2006). Are water beetles good indicators of biodiversity in Mediterranean aquatic ecosystems? The case of the Segura river basin (SE Spain). *Biodiversity and Conservation*, 15, 4507-4520.
- Santos, F. B. et Esteves, K. E. (2015). A Fish-Based Index of Biotic Integrity for the Assessment of Streams Located in a Sugarcane-Dominated Landscape in Southeastern Brazil. *Environmental Management*, 56, 532-548. DOI: 10.1007/s00267-015-0516-y
- Sanogo, S. (2014). Inventaire des macroinvertébrés de différents plans d'eau du bassin de la Volta en vue de l'identification des taxons bioindicateurs dans un continuum barrage hydroagricole effluent-fleuve au Burkina Faso (Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou).
- Sanon, V.P. (2013). **Gouvernance et institutions traditionnelles dans les pêcheries du Burkina Faso : cas de Moussodougou, Tengrela et Tiefora (Mémoire de Master, Université Catholique d'Afrique de l'Ouest, Bobo-Dioulasso, 71p).**
- Sanon, V.P., Toé, P., Caballer Revenga, J., El Bilali, H., Hundscheid, L., Kulakowska, M., Magnuszewski, P., Meulenbroek, P., Paillaugue, J., Sendzimir, J., Slezak, G., Vogel, S. et Melcher, A. (2020) Multiple-Line identification of socio-ecological stressors affecting aquatic ecosystems in semi arid countries: implications for sustainable management of fisheries in Sub-Saharan Africa. *Water* (12) 6, 1518, <https://doi.org/10.3390/w12061518>
- Sanou, P. J. (2013). Participation paysanne et stratégies d'acteurs autour des plans d'eau au Burkina Faso : Cas du Sourou et Boromo, Rapport, Bobo-Dioulasso, 35p.
- Sanwidi, W. J. P. (2007). Groundwater potential to supply population demand within the Kompienga dam basin in Burkina Faso (PhD Thesis. Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn). http://hss.ulb.unibonn.de/diss_online published electronically.
- Satia, B.P. (2017). Regional review on status and trends in aquaculture development in Sub-Saharan Africa – 2015
- Sawadogo, S., Ouédraogo, R., Coulibaly, N. D., Da, N., et Ouéda, A. (2019): Etude des potentialités de développement des systèmes aquacoles dans les régions du Centre, Centre Sud et Plateau Central du Burkina Faso. Projet de recherche Susfish – Sustainable Management of Water and Fish Resources in Burkina Faso. Juillet 2019. 35 p.**
- Schinegger, R., Trautwein, C., Melcher, A.H., et Schmutz, S. (2012). Multiple human pressures and their spatial patterns in European running waters. *Water and Environment Journal*, 26, 261-273.
- Schmutz, S., Cowx, I.G., Haidvogel, G. et Pont, D. (2007). Fish-based methods for assessing European running waters: a synthesis. *Fish. Manage. Ecol.*, 14, 369–380.
- Schobesberger, N. (in preparation). Molecular diversity of Burkina Faso's freshwater fish in the Mouhoun and Comoé catchment assessed with DNA barcoding. (Master Thesis, University of Natural and Life Sciences, Vienna, Austria).

- Silga, R.P. (2021). Effets des pressions anthropiques et climatiques et perceptions locales sur la distribution des poissons au Burkina Faso (Thèse de Doctorat. Université Joseph Ki-Zerbo (UJKZ), Ouagadougou, Burkina Faso). 210 p
- Slezak, G., Sendzim, J., Ouedraogo, R., Meulenbroek, P., Savadogo, M., Kaboré, C., Ouéda, A., Toé, P., Zerbo, H., Melcher, A. (2020). Fishing for food and food for fish. Negotiating long-term, sustainable food and water resources in a transdisciplinary research project in Burkina Faso. In Haller T., Zingerli C. (Eds.) *Towards Shared Research – Participatory and Integrative Approaches in Researching African Environments* (P: 125-165) <https://doi.org/10.14361/9783839451502>
- Sommerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponics food production - Integrated fish and plant farming. Fao fisheries and aquaculture technical paper 589. Rome, Italy.
- Sow, J. (2017). Stratégie sexo-spécifiques des acteurs de la pêche dans les ménages de pêcheurs de la Vallée du Sourou (Mémoire de Master, Sociologie et économie rurale, Université Nazi BONI/ Bobo-Dioulasso, 50p).
- Stein, E. D., White, B.P., Mazor, R.D., Miller, P.E., Pilgrim, E.M. (2013). Evaluating Ethanol-based Sample Preservation to Facilitate Use of DNA Barcoding in Routine Freshwater Biomonitoring Programs Using Benthic Invertebrates. *PLoS One* 8(1): e51273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051273>
- Stranzl, S. (2014). Quantification of human impacts on fish assemblages in the Upper Volta catchment, Burkina Faso (Master Thesis University of Natural and Life Sciences, Vienna, Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management).
- Suntornratana, U., et Visser, T. (2003). Women as a source of information on inland fisheries. New Approaches for the Improvement of Inland Capture Fishery Statistics in the Mekong Basin. Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations–FAO, 46-49.
- SUSFISH (2014). Bonkougou Noufou, a local fisherman, explains how to throw the cast net. Online: <http://susfish.boku.ac.at/movies.htm>
- Terra, B. F. et Araujo, F. G. (2011). A preliminary fish assemblage index for a transitional river– reservoir system in southeastern Brazil. *Ecological Indicators*, 11, 874–881.
- Tibihika, P.D., Curto, M., Almeyehu, E., Waidbacher, H., Masembe, C., Akoll, P., Meimberg, H. (2019). Molecular genetic diversity and differentiation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L. 1758) in East African natural and stocked populations. *BMC Evolutionary Biology*, 20(16). Doi: 10.1186/s12862-020-1583-0
- Tirogo, J., Jost, A., Biaou, A., Valdes-Lao, D., Koussoube, Y. et Ribstein, P. (2016). Climate Variability and Groundwater Response: A Case Study in Burkina Faso (West Africa). *Water*, 8, 171.
- Toé, P. (1999). Pêche, environnement et société: contribution des sciences sociales sur les pêcheries traditionnelles en pays Bissa (Burkina Faso). Cahiers Du Centre d'études et de Recherche. *Lettres Sciences Humaines et Sociales*, 16, 301–318.

Toé, P., & Sanon, V.-P. (2015). **Gouvernance et institutions traditionnelles dans les pêcheries de l'Ouest du Burkina Faso**. Paris: L'Harmattan.

Traore, A. C., Yuma, J., et Zigani, N. (1994). Données géographiques et hydrologiques. In E. Bajot, J. Moreau, & S. Bouda (Eds.), *Aspects Hydrobiologiques et Piscicoles Des Retenues d'eau En Zone Soudano-Sahelienne*. Le Cas Du Burkina Faso (pp. 8–35). Bruxelles : Centre Technique de Cooperation Agricole et Rurale.

UNDP (2018). Human Development Reports. Burkina Faso – Human Development Indicators. [online] <http://www.hdr.undp.org/en/countries/profiles/BFA> Visited: 14 Nov. 2019.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects 2019, Online Edition. Rev.1. Online: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/> Visited: 5.3.2020

USAID (2017). Regional Fact Sheet: Climate Change Risk Profile, West Africa Sahel. Online: <https://www.climatelinks.org/resources/climate-change-risk-profile-west-africa-sahel> Visited: 20 Oct. 2018.

UICN (2016). Méthodologie de la Liste rouge. UICN. Online: <https://uicn.fr/wpcontent/uploads/2018/04/guide-pratique-listesrouges-regionales-especies-menacees.pdf>. Visited: 20 April 2016.

UICN (1994). Categories de l'UICN pour les Listes Rouges. Préparation par la commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse.

UICN (1996). Résolution 1.4 La commission de sauvegarde des especes. Résolutions et recommandations, pp.78. Congrès mondial de la Nature, 13-23 October 1996, Montreal, Canada. UICN, Gland, Suisse.

Verdeaux, F. (1992). Société de pêcheurs et environnement, savoirs et appropriation halieutique du milieu. In J.-F. Bare & P. Couty (Eds.), *Institutions et pratiques de developpement: itineraires* (pp. 125–151).

Vitousek, P., M., Mooney, H., A., Lubchenco, J., et Melillo, J., M. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems, 277, 494-499.

Ward, R.D., Zemlak, T.S., Innes, B.H., Last, P.R., Hebert, P.D.N. (2005). DNA Barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London, Series B*, 360, 1847-1857. Doi: 10.1098/rstb.2005.1716

Watershed Science Institute (2001). Index of biotic integrity (IBI). Watershed Condition Series: Technical Note 2. Online: <ftp://ftp.wcc.nrcs.usda.gov/wntsc/strmRest/wshedCondition/IndexOfBioticIntegrity.pdf>. Visited 9.3.2020

WHO and UNEP (2013). State on the science of endocrine disruption chemicals – 2012, an assessment of the state of the science on endocrine disruptors prepared by a group of experts for the United Nations Environment Programme (UNEP) and the World Health Organization (WHO). Edited by Ake Bergman, Jerrold J. Heindel, Susan Jobling, Karen A. Kidd and R. Thomas Zoeller. Online: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78102/?sequence=1>. Visited: 25.2.2020

- Wright, I., Chessman, B., Fairweather, P. et Benson L. (1995). Measuring the impact of sewage effluent on the macroinvertebrate community of an upland stream. The effect of different levels of taxonomic resolution and quantification. *Australian Journal of Ecology*, 20, 142-149.
- Yang, T., Cui, T., Xu, C.-Y., Ciais, P. et Shi, P. (2017). Development of a new IHA method for impact assessment of climate change on flow regime. *Global and Planetary Change*. 156, 68–79. Online: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028072161&doi=10.1016%2Fj.gloplacha.2017.07.006&partnerID=40&md5=5b91f381f1024416a3cf98a6fcea5a5e>.
- Yonkeu, S. (2002). Conséquence des modifications de l'environnement du barrage de Yitenga sur la santé de l'écosystème et des populations riveraines. In- 5^{ème} Conférence Inter-Régionale sur l'Environnement et l'Eau-Envirowater 2002, pp. 520-531.
- Zerbo, H., Bouda, S., Magnini, S. F., Ouedraogo, Y., Yao, B., et Zampaligre, I. (2002). Analyse des politiques, institutions et processus en relation avec la gestion participative et durable des pêches dans la zone du projet GPSO. In G. B. Kabré & S. F. Magnini (Eds.), Recueil des expériences du projet "Gestion de la pêche dans le Sud-Ouest" Burkina Faso (pp. 299–337). Ministère de l'Agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques.
- Zerbo, H., Kienou, A., Sylla, H., Compaoré, W., F. (2013). Enquête cadre sur la pêche artisanale continentale, MRAH, 92p.

Liste des figures

Figure 1 : Production et importation de poisson (MIR, 2018) et croissance de la population du Burkina Faso (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019)	7
Figure 2 : Proportion relative de la production de poisson, des importations et de la production aquacole totale (MIR, 2018)	7
Figure 3 : Situation géographique du Burkina Faso en Afrique de l'Ouest	11
Figure 4 : Zones climatiques et isohyètes du Burkina Faso	12
Figure 5 : Rivières bassins (> 1000 ha) du Burkina Faso	13
Figure 6 : Quelques rivières du Burkina Faso (a. Banfora ; b. Bobo Dioulasso ; c. Ouagadougou) (Source : Melcher)	14
Figure 7 : Lac Dem (Maurer, 2019)	15
Figure 8 : Bouli à Gorom Gorom (Maurer, 2019)	15
Figure 9 : Mare de Markoye (Maurer, 2019)	15
Figure 10 : Distribution des réservoirs en fonction de leur taille (<1-1000ha) au Burkina Faso (Caballer-Revenga, 2019)	16
Figure 11 : Fréquence relative de la taille de 1680 réservoirs (Caballer Revenga, 2019)	16
Figure 12 : Réservoirs variant en fonction de la couverture, taille et intensité de la pression à Koubri, Burkina Faso (Source : A. Melcher)	17
Figure 13 : Types de pressions sur les écosystèmes aquatiques trouvées au Burkina Faso. Elevage (1), eutrophisation (2), pêche (3), prélèvement d'eau (4), maraichage (5), digue (6), riziculture (7), modification des habitats (8) et agriculture (9) (Mano, 2016)	23
Figure 14 : Exemple de canalisation au Burkina Faso (Source : Kaboré, 2016)	24
Figure 15 : Pompage de l'eau pour l'agriculture (Source : Melcher)	25
Figure 16 : Irrigation dans un champ de canne à sucre (Source : Melcher)	25
Figure 17 : Exemples de cours d'eau pollués par des déchets urbains (Source : Ouédraogo et al., 2012)	27
Figure 18 : Rupture d'une digue à Koubri après une grosse pluie en août 2017 (Source : Ouédraogo, 2017)	28
Figure 19 : Indices de pressions et cumul des pressions au niveau des sites d'échantillonnage (Meulenbroek et al., 2019)	29
Figure 20 : Relation entre (a) nombre d'espèces par site et (b) biomasse en kg/ha et l'indice de pression global (Faible IPG : 4 ; médian IPG : 8 ; Fort IPG : 12) (Stranzl, 2014)	30
Figure 21 : Variations de (a) Richesse taxonomique, (b) pourcentage des Diptères dominants tolérants, (c) pourcentage des EPT, (d) Indice de Shannon Wiener dans différents types d'occupation des terres.	31
Figure 22 : Plaine d'inondation largement déserte à côté du réservoir de Koubri, qui accueillait la population locale et un important marché de poissons (Source : Magnuszewski)	35
Figure 23 : Interview d'un participant à propos des impacts du changement climatique sur l'eau et les ressources piscicoles au Burkina Faso (Source : Melcher, 2019)	36
Figure 24 : Perception des types de stress sur la faune piscicole par les pêcheurs (Silga, 2021)	37

Figure 25 : Principales causes de la baisse du niveau d'eau dans les réservoirs selon les pêcheurs (Silga, 2021) _	37
Figure 26 : Poissons qui meurent à une certaine période de l'année selon les pêcheurs (Silga, 2021)	38
Figure 27 : Poissons perçus par les pêcheurs comme étant en voie de disparition (Silga, 2021)	38
Figure 28 : Modèles de distribution passée de quelques poissons selon Maxent. Les barres d'échelle montrent la sortie logistique de Maxent, les valeurs les plus élevées (couleur verte) indiquent une plus grande probabilité d'occurrence des poissons et les valeurs faibles indiquent une faible probabilité d'occurrence des poissons (Source : Silga, 2021).	40
Figure 29 : Modèles de distribution passée de quelques poissons selon Maxent. Les barres d'échelle montrent la sortie logistique de Maxent, les valeurs les plus élevées (couleur verte) indiquent une plus grande probabilité d'occurrence des poissons et les valeurs faibles indiquent une faible probabilité d'occurrence des poissons (Source : Silga, 2021)	41
Figure 30 : Localisation des zones d'échantillonnage	43
Figure 31 : Pêche électrique (Source : A. Melcher)	56
Figure 32 : Mesure morphométrique de <i>Malapterurus electricus</i> (Source : S. Stranzl)	56
Figure 33 : Capture et identification du poisson sur le terrain (Source : Melcher)	57
Figure 34 : Pêche au filet épervier (Source : Meulenbroek et al., 2019)	57
Figure 35 : Graphique illustrant les espèces (79), tous les genres (41) et toutes les familles (19) ; les familles de <i>Channidae</i> , <i>Citharinidae</i> , <i>Gymnarchidae</i> , <i>Latidae</i> , <i>Malapteruridae</i> , <i>Protopteridae</i> et <i>Arapaimidae</i> sont indiquées comme "autres"	59
Figure 36 : Arbre de voisinage à partir des séquences COI de 194 échantillons collectés dans les bassins versants du Mouhoun et de la Comoé. Les espèces ne sont pas encore incluses : <i>Rhabdalestes septentrionalis</i> , <i>Chromidotilapia güntheri</i> , <i>Petrocephalus soudanensis</i> , <i>Alestidae sp.</i> et <i>Heterotis niloticus</i>	65
Figure 37 : Rôle des femmes dans la chaîne de valeur du poisson dans le Sourou (de gauche à droite : pêche, transformation, vente) (Source : Sow, 2017)	73
Figure 38 : Enfants aidant leurs mères dans la transformation du poisson dans le Sourou (Source : SOW, 2017)	75
Figure 39 : Chaîne de valeur complète des poissons de capture au Burkina Faso	76
Figure 40 : Poisson en cours de séchage (Source : Dicko, 2017)	77
Figure 41 : Transformation et vente de poissons au marché de Koubri (Source : Magnuszewski, 2019)	81
Figure 42 : Ferme piscicole de Bazèga (Source : Ouédraogo, 2010)	82
Figure 43 : Contraintes et potentialités pour le développement de l'aquaculture commerciale et de subsistance et leurs impacts sur les écosystèmes aquatiques (Hundsheid, 2019)	83
Figure 44 : Carte causale issue de la simulation stratégique. Les flèches montrent les interdépendances entre les facteurs issus de recherches antérieures dans le bassin du Nakanbé au Burkina Faso, Les mentions "faible", "médian" et "fort" représentent le degré d'influence de chaque facteur (Sanon et al., 2020)	86
Figure 45 : Acteurs en session de travail sur les chantiers futurs (Magnuszewski, 2019)	87
Figure 46 : Emplacement des facteurs sur la carte du bassin pour des perspectives de développement économiques et énergétiques (Magnuszewski, 2019)	89
Figure 47 : Polarité des liens dans une interaction de diagramme en boucle causale	91

<i>Figure 48 : Diagramme de boucle causale illustrant les boucles de rétroaction de renforcement et d'équilibrage</i>	92
<i>Figure 49 : Flux (poissons survivants) entre deux stocks de poissons pour les années 1 et 2</i>	92
<i>Figure 50 : Potentiel de régénération de la faune piscicole soumise à la surpêche au Burkina Faso</i>	94
<i>Figure 51 : Organisation de la filière poisson</i>	96
<i>Figure 52 : Influence de la politique d'exportation chinoise sur les importations de poissons au Burkina Faso</i>	97
<i>Figure 53 : Effet de la croissance urbaine sur la demande alimentaire</i>	98
<i>Figure 54 : Augmentation du taux de pêche lié à la rentabilité</i>	100
<i>Figure 55 : Lutte contre la surpêche par l'application des textes</i>	101
<i>Figure 56 : La surpêche comme conséquence de la mauvaise gouvernance</i>	102
<i>Figure 57 : Influence des femmes sur la production et le commerce du poisson au Burkina Faso</i>	104
<i>Figure 58 : Synoptique de la filière poisson au Burkina Faso</i>	106
<i>Figure 59 : Station d'aquaculture de Bazèga : difficulté de remplissage par système gravitaire (Source : Ouédraogo, 2010)</i>	109
<i>Figure 60 : Zone de frayère dans le réservoir de Kompienga (Batiéné, 2016)</i>	111
<i>Figure 61 : Campagne d'empoisonnement dans le réservoir de Samendeni en 2018 (source : lefaso.net.)</i>	111

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Changements opérés au niveau du Ministère en charge de la pêche de 1960 à 2019 (Source : MRAH & MIR, 2018)</i>	9
<i>Tableau 2 : Caractéristiques des zones climatiques du Burkina Faso (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 2007) traduit et adapté par Julie Pailligue (2019)</i>	12
<i>Tableau 3 : Principaux facteurs climatiques affectés par le changement climatique et leur influence sur les ressources en eau (Paillaugue, 2019)</i>	33
<i>Tableau 4 : Les facteurs abiotiques de l'eau indirectement affectés par le changement climatique et leurs impacts sur les poissons (Paillaugue, 2019)</i>	34
<i>Tableau 5 : Habitats des macroinvertébrés échantillonnés</i>	49
<i>Tableau 6 : Liste des genres de zooplancton collectés</i>	50
<i>Tableau 7 : Liste des genres d'annélides collectés</i>	51
<i>Tableau 8 : Liste des genres de Mollusques collectés</i>	51
<i>Tableau 9 : Liste des genres de Crustacés collectés</i>	52
<i>Tableau 10 : Liste des genres d'Insectes collectés</i>	52
<i>Tableau 11 : Liste des espèces de poissons échantillonnées (n= 44 788 individus, * -indique la présence d'espèces dans la zone échantillonnée) (Mano, 2016)</i>	60
<i>Tableau 12 : Liste des espèces de poissons dans trois zones d'échantillonnage appartenant à deux bassins hydrographiques (Source : Schobesberger, 2020)</i>	64
<i>Tableau 13 : Intervention des chefs traditionnels : dans la gestion de la pêche (Source : Toé et Sanon, 2015)</i>	69
<i>Tableau 14 : Relation entre acteurs avant et après la construction d'un barrage en contexte de décentralisation (Source : Toé et Sanon, 2015)</i>	71

Liste des Editeurs et Auteurs (par ordre alphabétique)

NOM	PRENOM(S)	INSTITUTION
BORGWARDT	Florian	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology
CABALLER REVENGA	Jaime	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology, Institute for Development Research
DA	Nomwine	Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation – Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso
DICKO	Youssouf	Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso. Institut du Développement Rural (IDR)
FOFANA	Adama	Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso. Institut du Développement Rural (IDR)
HUNDSCHIED	Laura	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology, Institute for Development Research
KABORE	Idrissa	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou. Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales (LBEA)
KIENDREBEOGO	Pousga	Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso. Institut du Développement Rural (IDR)
KOBLINGER	Thomas	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology
KONATE	Yaya	Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso. Institut du Développement Rural (IDR)
KPODA	W. Noellie	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou. Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales (LBEA)
KULAKOWSKA	Michalina	CSR - Center for Systems Solutions, Warsaw
MAGNUSZEWSKI	Piotr	CSR - Center for Systems Solutions, Warsaw
MANO	Komandan	Université de Dédougou, Burkina Faso
MAURER	Tristan	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology
MEIMBERG	Harald	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Integrative Nature Conservation Research
MELCHER	Andreas	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Development Research
MEULENBROEK	Paul	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology
MOOG	Otto	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology
OUEDA	Adama	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou. Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales (LBEA)
OUEDRAOGO	Raymond	Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation – Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso
PAILLAUGUE	Julie	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.

PELOSCHEK	Florian A.	Institute of Hydrobiology, Institute for Development Research BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Development Research
SANON	Vincent- Paul	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Development Research
SAVADOGO	Moumini	UICN – Union Internationale pour la Conservation de la Nature Programme Afrique Centrale et Afrique de l’Ouest
SCHOBESBERGER	Nikolaus	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology
SENDZIMIR	Jan	IIASA - International Institute of Applied Systems Analysis – Risk and Resilience Program (RISK)
SILGA	Rimwaodo Pierre	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou. Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales (LBEA)
SLEZAK	Gabriele	University of Vienna - Department of African Studies
SOMDA	Jacques	UICN – Union Internationale pour la Conservation de la Nature
SOUDACHANH	Soupaphone	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Development Research
SOW	Jacqueline	Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso. Institut du Développement Rural (IDR)
STRANZL	Sebastian	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology
TOE	Patrice	Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso. Institut du Développement Rural (IDR)
TRAUNER	Daniel	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology
VOIGT	Charlotte	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Development Research

Liste des Contributeurs aux projets SUSFISH et SUSFISHplus

Merci à tous ceux qui ont contribué à la réussite des projets SUSFISH.

NOM	PRENOM(S)	INSTITUTION	
BAUER	Andreas	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Development Research	Project Assistant
BATIONO	E. Wenceslas	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Doctorant
BANCE	Victor	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Doctorant
BERTE	Sidi A.	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Master
BONKOUNGOU	Noufou (+)	“Doum Doum”, Ouagadougou	Pêcheur professionnel
COULIBALY	N. Désiré	Ministère de l’Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l’Innovation – Institut de l’Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso	Chercheur
DAO	Céline	Université Nazi BONI, Institut du Développement Rural (IDR)	Etudiante
DORNINGER	Christian	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology	Administration
FOFANA	Yacouba	Université Nazi BONI, Institut du Développement Rural (IDR)	Etudiant
GNEME	Awa	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Enseignante chercheur
HONADIA-KAMBOU	Clarisse	Ministère des Ressources Animales et Halieutiques	Experte en Genre
KABRE	B. Gustave	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Enseignant chercheur
KIMA	Béatrice	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Master
KUPI	Susanna	IIASA – International Institute of Applied Systems Analysis	Administration
MINOUNGOU	Mahamoudou	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Master
NEBIE	Abdoul Karim	Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Bobo-Dioulasso	Etudiant
NEYA	Tiga	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Etudiant
NIANOGO	Aimé	UICN – Union Internationale pour la Conservation de la Nature, Afrique de l’Ouest	Ancien directeur à la retraite
OUEDRAOGO	Apollinaire	Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Bobo-Dioulasso	Etudiant
OUEDRAOGO	T.S.B. Rodrigue	Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Bobo-Dioulasso	Etudiant

OUEDRAOGO	Ousseni	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Enseignant chercheur
OUEDRAOGO	Boblawendé	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Chauffeur
OUEDRAOGO	Idrissa	Centre Universitaire de Dori	Enseignant chercheur
PELOSCHEK	Florian A.	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Development Research	Chercheur
RAMEDER	Anna	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute for Development Research	Assistante de Direction
SANOU	Pamela	Université Nazi BONI, Institut du Développement Rural (IDR)	Etudiante
SAVADOGO	Léon	Université Nazi BONI	Professeur en médecine
SAWADOGO	Windissongodé Olivier	UICN – Union Internationale pour la Conservation de la Nature Programme Afrique Centrale et Afrique de l’Ouest	Etudiant stagiaire
SAWADOGO	Salam	Ministère de l’Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l’Innovation – Institut de l’Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso	Chercheur
SAWADOGO	Yabyouré Marc Florent	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Master
SAWADOGO	Phillipe	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Etudiant
SCHMUTZ	Stefan	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.	Professeur, Coordonateur
SEEBACHER	Martin	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Institute of Hydrobiology	Technicien / Administration
SEYNOU	Oumarou	UICN – Union Internationale pour la Conservation de la Nature Programme Afrique Centrale et Afrique de l’Ouest	Professionnel
SIMBORO ZOMA	Solange	Ministère en charge de l’Environnement	Forestière
SIRIMA	Djidama	Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Ouagadougou	Doctorant
SOARA	Aïcha Edith	Ministère de l’Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l’Innovation – Institut de l’Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso	Chercheur
TAPSOBA	Ablassé	Ouagadougou	Pêcheur professionnel
VOGNE	Désiré	Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Bobo Dioulasso	Etudiant
WAIDBACHER	Herwig	BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.	Professeur

YIGO SAMADOULOUYOU	Alima Toussema	Institute of Hydrobiology UICN – Union Internationale pour la Conservation de la Nature Programme Afrique Centrale et Afrique de l'Ouest	Comptable
ZERBO	Henri	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et Aquatiques, Burkina Faso	Directeur Général de la pêche
ZONGO	Bienvenue	Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation – Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso	Chercheur
ZONGO	Rasmane	Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Bobo- Dioulasso	Etudiant

Annexes protocole

Site Protocol	Site Name.....			Date (dd/mm/yy)				
Habitat	1	2	3	4	5	6	7	8
Description								
Writer								
GPS-point (N/E)								
GPS-Coordinat								
Run/Throw nr.								
Start time								
End time								
Photo nr.								
Weather								
Fishing method								
Blockage								
Water type								
Fished area (m ²)								
Distance bank (m)								
Secchi depth (cm)								
Condcutivity (µS/cm)								
pH								
Temperature (°C)								
O ₂ (%)								
O ₂ (mg)								
Probe nr.								
Landuse								
Impact								
Shading (%)								
Structure								
Dam								

CATEGORIES	1	2	3	4	5	6	7	8
Weather	sun	cloud	rain	wind				
Fishing method	1 aggregat	2 aggregat	gill net	cast net	longline	Nasse fishing	commercial	
Blockage	net	electric	barrier					
Water type	reservoir	running	con sidearm	dead sidearm	pond	Dissipation	channel	
Landuse	savanna	rice	agriculture	livestock	settlements	roads	forest	protected
	9 cotton	10 vegetables						
Structure	tree	xylal	rock	waterplants	reed	outwashed bank		
Impact	fishing	sandmining	water abstract	deforestation	channalisation	invasiv plant	nutrient inp	riprap
Dam	upstream	downstream	between	free flowing				

Site Protocol

Site Name.....

Date (dd/mm/yy)

	1	2	3	4	5	6	7	8
writer								
riverbed width (m)								
riverbed height (m)								
distance to bank 1(m)								
distance to bank 2(m)								
distance to bank 3(m)								
distance to bank 4(m)								
distance to bank 5(m)								
distance to bank 6(m)								
distance to bank 7(m)								
wetted width 1 (m)								
wetted width 2 (m)								
wetted width 3 (m)								
wetted width 4 (m)								
wetted width 5 (m)								
wetted width 6 (m)								
wetted width 7 (m)								
water depth 1 (m)								
water depth 2 (m)								
water depth 3 (m)								
water depth 4 (m)								
water depth 5 (m)								
water depth 6 (m)								
water depth 7 (m)								
velocity 1 (m/s)								
velocity 2 (m/s)								
velocity 3 (m/s)								
velocity 4 (m/s)								
velocity 5 (m/s)								
velocity 6 (m/s)								
velocity 7 (m/s)								
Choriotop in %								
Pelal < 6µm								
Psammal > 6µm-2mm								
Akal >0,2-2cm								
Mikrolithal > 2-6 cm								
Mesolithal >6-20 cm								
Makrolithal > 20-40cm								
Megalithal > 40 cm								

Annexes photo (copyright SusFish consortium)











Annexes **éditeurs** and auteurs photo et short bio (ordre alphabétique, copyright

Susfish and ProLit consortium)



Dipl.Ing. Dr.nat.tech. Florian Borgwardt, wrote his PhD thesis about climate change effects on riverine ecosystems and fish in Europe. Currently working as a post-doc at the Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management. Was involved in GIS-related work to create a geodatabase on the reservoirs of Burkina Faso (>1,000) and to characterize the environmental conditions of the reservoirs.



Dipl.Ing. Adama Fofana, socio-économist, Consultant of Agricultural Development Program of German cooperation (GIZ/PDA). Former Student on SUSFISH plus Project, 2018, in charge of value chain analysis.



Dipl.Ing. Jaime Caballer-Revenga, studied energy engineering, and linguistics in Madrid. His MSc thesis at the University of Natural and Life Sciences, Vienna was within the SUSFISH+ project. He developed the first countrywide abiotic database of reservoirs in Burkina Faso. His work currently focuses on carbon storage in plants and greenhouse gas emissions at Copenhagen University within a doctoral fellowship, promoted by the European Programme H2020/Marie Skłodowska-Curie actions.



Dipl.Ing. Laura Hundscheid, studied Environmental- and Bioresource management in Vienna and Munich. Currently she is working at the Institute for Development Research at BOKU Vienna. Her research focus is on the protein transition in Austria as a contribution to the SDGs. Did her field research for the master thesis within the SUSFISH+ project



Ir. Nomwine Da, holds a master's degree in aquatic resource monitoring and fisheries management He worked since 2016 as researcher at the INERA in Burkina Faso.



Dr.nat.tech. Idrissa Kabore, completed his doctoral degree in 2016 at University of BOKU, Vienna, Austria. Lecturer and Researcher at University of Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso Worked as PhD student (2013-2016) in SUSFISH Project, Postdoc and senior scientist in SUSFISH+.



Dipl.-Ing. Youssouf Dicko, socio-economist in charge of production and steady assessment for the industrial Society of fruit and vegetable transformation (SINTF). Former Student of SUSFISH+ project working on the value chain analysis.



Dipl.Ing. Pousga Alphonse Kiendrebeogo, socio-economist, master's student in ecosystem health and society at Nazi BONI University. Former student in SUSFISH project studying governance aspects.



Dipl.Ing. Thomas Koblinger, nature enthusiast, after having completed his studies at the University of Natural Resources including field sampling in Burkina Faso for his master thesis, decided to explore more of the world and actively participate in conservation projects in Latin America.



Dr.rer.nat. Komandan Mano, completed his doctorate within SUSFISH at BOKU. Today he is a member of LBEA (Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales) in Burkina Faso working as lecturer and junior researcher scientist at University of Dedougou. He is also a key member of SUSFISH+ working on fish sampling.



Dipl.-Ing. Yaya Konate, socio-economist, master's student in ecosystem health and society at Nazi BONI University. Formerly student in the SUSFISH+ Project working on gender issues.



Tristan Maurer, MSc studied civil engineering and water management at the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. His bachelor thesis within SUSFISH+ focused on shore length, surface area and the shoreline development along a vertical and climatic gradient. He currently is studying Applied Limnology.



Prof. Noellie Winkom Kuela/Kpoda, holds a PhD in Parasitology. Since is a Professor at the University Joseph Ki-Zerbo. Fields of research are Human & animal Parasitology, Parasite Ecology and Environmental anthropology. She has also been involved in the training of master and PhD Students within the SUSFISH Projects.



Univ.Prof. Dipl.-Biol. Dr.rer.nat. Harald Meimberg, professor at the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna for nature conservation studies, research on genetic diversity as well as methods of DNA Barcoding. Supervisor of master thesis in SUSFISH+ regarding the genetic diversity of fish populations.



Michalina Kulakowska, is a senior game designer at the Centre for Systems Solutions. She runs workshops with simulations and games for players from all over the world. In the project, Michalina co-developed the strategic simulation process and supported its delivery.



PD Dipl.Ing. Dr. Andreas Melcher, head of the Cluster of Development Research at BOKU and lecturer on aquatic ecosystem modelling and applied development research. Initiator, Member and coordinator of both SUSFISH Projects as well as co-supervising bachelor, master and PhD Thesis.



Piotr Magnuszewski is a systems modeler, game designer, professional trainer, facilitator, and researcher, with a special interest in complexity and sustainability. In the project, Piotr worked on the strategic simulation and led the simulation process in the face-to-face workshops.



M.Sc. Dr. Paul Meulenbroek studied Applied Limnology at BOKU, where he works as a researcher in the fields of fish ecology, river restoration and aquaculture. He has been involved in both SUSFISH projects.



Ao.Univ.Prof.i.R. Dr.phil. Otto Moog, emeritus Professor for Benthic ecology and aquatic ecosystem assessment at the University of Natural and Life Sciences, Vienna. Participated in SUSFISH and SUSFISH+ as supervisor for work on benthic invertebrates.



Foto Credit: wascal.org

Dr. Moumini Savadogo, former head of the IUCN West and Central Africa Programme office and currently the executive director of WASCAL- West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use. Involved in SUSFISH Workpackages.



Prof. Dr. Adama Oueda, Senior scientist and lecturer at the University Joseph Ki-Zerbo. Focus on biodiversity, pollution/human pressures, food web. Very active in regional and international projects for collaborative research and education. His main focus in the SUSFISH project was on education and biodiversity.



Nikolaus Schobesberger, MSc studied Zoology at the University of Vienna and, in the course of his Master Applied Limnology at BOKU University Vienna, went to Burkina Faso to conduct fish sampling for his master thesis using DNA barcoding for species description. .



Dr. Raymond Ouedraogo holds a master's degree in aquaculture and in fisheries policy & planning and a PhD. He worked since 1991 as fish resources manager and since 2013 as researcher at the INERA, Burkina Faso. In SUSFISH he was the national coordinator and leader of work packages.



Dr. Jan Sendzimir is a systems ecologist working on questions of adaptation to and mitigation of impacts of global change processes in social-ecological systems. He uses conceptual and formal modeling as well as social simulation integrated with field research within participatory science to guide research and policy.



Dipl.Ing. Julie Paillaugue studied Environmental Science at the University of Copenhagen and the BOKU University of Vienna. She now focuses her work on regenerative agriculture practices in California. She got the chance to join the SUSFISH team as part of her master's thesis.



Rimwaodo Pierre Silga, completed his bachelor's degree in Biological Engineering and a Master's in Environmental Engineering. Since 2017 preparing a PhD thesis within SUSFISH+ on the effects of climate change and anthropic pressures on fish resources in Burkina Faso.



Dr. Vincent-Paul Sanon, studied sociology at the Catholic University of West Africa in Bobo-Dioulasso (UCAO/UUB). Now a PhD Student at BOKU working on tradition, governance and science for water management within the workpackage 2 of SUSFISH+.



Foto Credit: oefse.at

Dr. Gabriele Slezak is a senior lecturer at the Department of African Studies at the University of Vienna. As an expert in sociolinguistics and transdisciplinary research methods, her research interests include language awareness, power and ideology as well as knowledge production in the north south divide with extensive field work experience in Burkina Faso.



Dr. Ir. Jacques Somda holds an engineering degree on agronomy from the University of Ouagadougou, Burkina Faso and a doctoral degree on rural economics of the University of Cocody, Côte d'Ivoire. He is the Head of IUCN Program in Burkina Faso. In SUSFISH+, he co-designed and co-supervised the work of two master students on capture fish value chain analysis.



M.Sc. Daniel Trauner, is a freshwater ecologist and studied "Applied Limnology" at the University of Natural Resources and Life Sciences Vienna. In 2012 he spent almost three months in Burkina Faso investigating benthic invertebrates. Daniel is currently working for the Environment Agency Austria.



Dipl.Ing. Souphaphone Soudachanh, former intern at Institute of Development Research and a master graduate from BOKU. Completed her master's degree on Water Management and Environmental Engineering with a specialization in Sanitation Safety Planning. She is currently working at the BOKU Institute for Waste Management. Working with SUSFISH team was a great learning experience and it gave an opportunity to expand knowledge and networks.



Prof. Dr. Patrice Toe, socio-anthropologist and Senior Lecturer at Nazi BONI University. Vice-President of the University and Director of the Laboratory of Rural Studies on Environment and Socio-economic Development (LERE/DES). Involved in coordinator of SUSFISH and SUSFISH+ Projects, also in charge of research on socio-economical Governance aspects and gender issues.



Jacqueline Sow, PhD Student. Socio-anthropologist, obtained a master's degree in Integrated Management of Natural Resources (GIRN) at Nazi BONI University. Assistant at the Laboratory of Rural Studies on Environment and Socio-economic Development (LERE/DES). Member the SUSFISH project, in charge of gender issues.



DI Charlotte Voigt completed her master's degree in environmental- and Bioresource Management at BOKU and is now doing her masters in Food and Agricultural Economics. Joined the SUSFISH+ Project in 2019 as an assistant in completing the reporting as well as putting together this book.



M.Sc. Sebastian Stranzl, wrote his master's thesis in Applied Limnology within SUSFISH at the University of Natural Resources and Life Sciences in Vienna. He works in Norway as freshwater biologist at Norwegian Research Center - Laboratory for Freshwater ecology and Inland fisheries (LFI). His main areas of work are habitat mapping and fish stock assessment, planning and implementation of restoration and habitat measures and fish passes.



 Federal Ministry
Republic of Austria
Education, Science
and Research

Africa-UniNet activities contribute to sustainable development in accordance with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs).



 Austrian
Development
Cooperation

appear

Austrian Partnership Programme
in Higher Education and Research
for Development

Appear and (et) Africa UniNet
implemented by
Tous mis en œuvre par



Agency for Education and Internationalisation