



## Caractérisation de l'état actuel et des modes d'exploitation des retenues d'eau au Bénin

Rodrigue O.E. PELEBE<sup>1</sup>, Issa N. OUATTARA<sup>2</sup>, Eloi Y. ATTAKPA<sup>3</sup>, Bernardin W. DIMON YAI<sup>1</sup>, Jonas C. F. DASSOUNDO-ASSOGBA<sup>4</sup>, Ibrahim IMOROU TOKO<sup>1</sup>, Elie H. MONTCHOWUI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire de Recherche en Aquaculture et Ecotoxicologie Aquatique, Bénin

<sup>2</sup> Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Unité de Formation et de Recherche Biosciences, Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Ecotechnologie des Eaux, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup> Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales, Bénin

<sup>4</sup> Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales, Bénin

<sup>5</sup> Université Nationale d'Agriculture, Ecole d'Aquaculture de la Vallée, Bénin

Reçu le 16 Août 2019 - Accepté le 17 Décembre 2019

### Characterization of the current state and exploitation modes of the water reservoirs in Benin

**Abstract:** Benin has numerous water reservoirs which are still poorly documented. This paper deal with the current state and exploitation modes of these water reservoirs. Data were collected through socio-economic surveys, in situ measurements and laboratory works. Results show that 79% of the water reservoirs have an irregular shape. Also, 71.43% of these hydraulic structures keep a sufficient volume of water from April to November and the physico-chemical water quality is suitable for tropical fish farming. More than 60% of the water reservoirs have their spillways and dikes in poor condition. The more one moves from the North-south to the North-north zone (from Savè to Banikoara), the more state of water reservoirs degradation increases. Exploitation of these aquatic environments involve several actors with different interests. It is about fishermen, breeders, market gardeners and farmers. At 96.43%, water reservoirs are managed by the management committees which have, among other attributions, to issue the fishing activity authorization. Baited long lines, gillnets, cast net and seine net are the main used fishing gears. Fishermen capture daily  $4.65 \pm 2.63$  kg of fish which is sold at  $1023.81 \pm 286.91$  F CFA / kg. Fish farming activity consists mainly in stocking the reservoirs' open water with mainly *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) and secondarily *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). The mean value of the fish rearing period is  $7.57 \pm 1.50$  months. In the northern Benin water reservoirs, sediments are the most contaminated by organochlorine pesticides. Pathogenic bacteria and pesticide residues affect more the health status and sanitary quality of fish in water reservoirs located at the cotton production basin. This study provides useful data for developing sustainable strategies in order to valorize efficiently the Benin water reservoirs.

**Keywords:** Fishing activity, Fish farming, Sanitary quality, Water reservoir, Benin.

**Résumé :** Le Bénin dispose de nombreuses retenues d'eau qui sont encore mal documentées. Le présent article traite de l'état actuel et des modes d'exploitation de ces retenues d'eau. Les données ont été collectées par enquêtes socio-économiques, des mesures in situ et des travaux de laboratoire. Les résultats montrent que 79% des retenues d'eau ont une forme irrégulière. Aussi, 71, 43% de ces ouvrages gardent un volume suffisant d'eau d'avril à novembre et la qualité physico-chimique de l'eau est dans les normes de tolérance des espèces piscicoles tropicales. Plus de 60% des retenues d'eau ont leurs déversoirs et digues en mauvais état. Plus on se déplace de la zone Nord-sud vers la zone Nord-nord (de Savè vers Banikoara), plus l'état des retenues d'eau est dégradé. L'exploitation de ces milieux aquatiques implique plusieurs acteurs ayant différents intérêts.

Il s'agit des pêcheurs, des éleveurs, des maraichers et des agriculteurs. A 96,43%, les retenues d'eau sont gérées par les comités de gestion qui ont entre autres attributions, de délivrer l'autorisation de pêche. Les palangres appâtées, les filets maillants, le filet épervier et la senne sont les principaux engins de pêche utilisés. Les pêcheurs capturent journalièrement  $4,65 \pm 2,63$  kg de poisson qui est vendu à  $1023,81 \pm 286,91$  F CFA/kg. La pratique piscicole actuelle consiste majoritairement à empoissonner l'eau libre des retenues avec principalement *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et accessoirement *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). La durée moyenne d'élevage de ces poissons est de  $7,576 \pm 1,50$  mois. Les sédiments des retenues d'eau sont les plus contaminés par les pesticides agricoles. Les bactéries pathogènes et les résidus de pesticides altèrent plus l'état de santé et la qualité sanitaire des poissons dans le bassin cotonnier. Cette étude permet d'avoir des données utiles à l'élaboration des stratégies durables de valorisation efficace des retenues d'eau au Bénin.

**Mots clés:** Pêche, Pisciculture, Qualité sanitaire, Retenue d'eau, Bénin.

## 1. Introduction

Pour faire face aux lourdes conséquences des périodes de sécheresse relativement persistantes qu'a traversé l'Afrique de l'Ouest dans les années 70 et 80, plusieurs pays ont débuté une politique de maîtrise et de gestion de l'eau ; tandis que d'autres, qui avaient commencé un peu plus tôt ont fortement amélioré sa conception (Ouédraogo, 1996 ; Cecchi et Yté Wongbé, 2007 ; Napon, 2013 ; Sally *et al.*, 2011 ; de Fraiture *et al.*, 2014 ; Lienou *et al.*, 2014). C'est ainsi que le réseau hydrographique du Bénin s'est vu complété par une multitude d'ouvrages hydrauliques communément appelées retenues d'eau construites par le gouvernement avec l'appui des partenaires au développement (Ibouraima, 2005 ; Azonsi *et al.*, 2008 ; Capo-Chichi *et al.*, 2009 ; Kpéra, 2015). Ce sont des réserves d'eau obtenues par une amélioration de la capacité de stockage d'une cuvette naturelle ou mare (Ibouraima, 2005). Il en existe deux types. Il s'agit des surcreusements de mare obtenus par un simple dragage du fond d'une cuvette naturelle et des barrages obtenus par élévation d'une digue en aval immédiat d'une mare naturelle, suivie d'une excavation plus ou moins légère de la cuvette (Ibouraima, 2005 ; Adam Sanni, 2011, Chabi, 2012 ; Ogou, 2012). Sur le plan national, environ 78% des 250 retenues d'eau sont des barrages (Azonsi *et al.*, 2008). Les quatre départements classiques du nord du Bénin (Alibori, Borgou, Atacora et Donga) et celui des Collines, zone limite entre le centre du pays, à eux seuls abritent 243 retenues d'eau, soit près de 97,2% des retenues d'eau du pays (Azonsi *et al.*, 2008). Initialement construites pour des buts agropastoraux, les retenues d'eau au Bénin constituent aujourd'hui des pêcheries très importantes. Elles fournissent la majeure partie des poissons frais consommés annuellement par les populations des

différentes communes dans le septentrion (Imorou Toko *et al.*, 2011). Ainsi, elles favorisent non seulement le développement d'énormes activités génératrices de revenus aux communautés rurales mais aussi, contribuent à renforcer la sécurité alimentaire au niveau local (Kpéra, 2015). Cependant, ces retenues d'eau sont exposées à des risques modérés liés aux pesticides chimiques utilisés dans les champs surtout en cotonculture (Gouda, 2018 ; Zoumenou, 2019 ; Pèlèbè, 2019). Malheureusement, le point sur l'état des connaissances révèle que les retenues d'eau à l'échelle nationale sont encore mal connues sur plusieurs axes. C'est pourquoi le présent travail a été conçu pour caractériser (i) l'état actuel, (ii) les modes d'exploitation et (iii) la gestion des retenues d'eau disponibles au Bénin.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Zone d'étude

L'étude a été conduite dans trois départements représentatifs du Bénin en termes de disponibilité des retenues d'eau. Il s'agit des départements des Collines, du Borgou et de l'Alibori qui abritent près de 71 % des retenues d'eau construites au Bénin (Azonsi *et al.*, 2008). En utilisant le niveau d'activités agricoles et agropastorales comme critère, cette zone a été subdivisée en trois sous-zones. Suivant un gradient croissant du niveau d'activités, nous avons les sous-zones Nord-sud, Nord-centre et Nord-nord (Figure 1).

\* Auteur Correspondant : [peleberodrigue@yahoo.fr](mailto:peleberodrigue@yahoo.fr)

Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin

Dans chaque sous-zone, trois communes ont été considérées. Les communes qui ont été choisies sont celles disposant un nombre assez important de retenues d'eau (Figure 1). Le choix du nombre de retenues d'eau est raisonné et dépend de l'effectif total des retenues d'eau disponibles dans chaque sous-zone. Six retenues d'eau dans la sous-zone Nord-sud, dix dans la sous-zone Nord-centre et douze dans la sous-zone Nord-nord correspondant aux taux de proportionalité respectifs de

26% , 23, 2% et 23,5% ont été étudiées. Au total, l'étude de terrain a concerné 28 retenues d'eau réparties dans neuf communes (Figure 1). Sur le terrain, les retenues d'eau ont été choisies de concert avec les agents publics de pêche en service dans chaque commune sur la base de leur bon état de fonctionnalité.

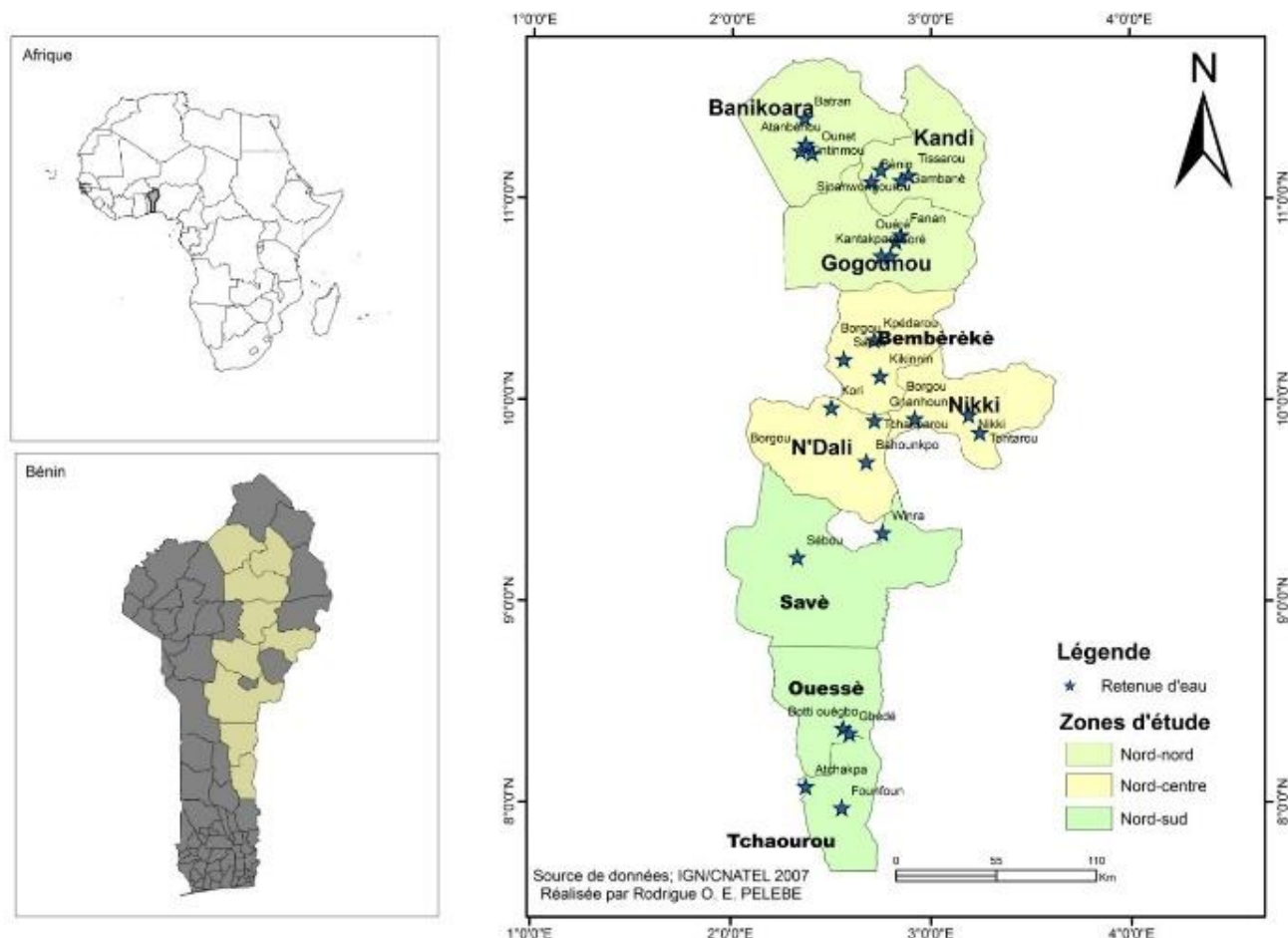


Figure 1 : Carte de situation de la zone d'étude avec représentation des retenues d'eau par commune

Figure 1: Situation map of the study area with representation of the reservoirs by commune

## 2.2. Collecte des données

Les données ont été collectées sur une période de six mois (août 2017 à janvier 2018).

### 2.2.1. Réalisation des enquêtes de terrain

Au niveau de chaque retenue d'eau, des questionnaires ont été administrés à trois pêcheurs choisis de façon aléatoire et simple dans la liste fournie par les agents publics de pêche, ainsi 84 personnes ont été enquêtées au total. Signalons que pour chaque retenue d'eau, l'effectif de trois pêcheurs représentait entre 60 et 100% des pêcheurs professionnels en activité. Les informations recueillies sont relatives aux modes de gestion et d'exploitation des retenues d'eau. Au moyen d'une fiche, les informations relatives aux caractéristiques d'état physique ont été collectées au niveau de chaque retenue d'eau. Les modalités « Très bon », « Bon », « Mauvais » et « Très mauvais » ont été utilisées pour apprécier l'état de la digue et celui du déversoir alors que le niveau de comblement de la cuvette a été apprécié par usage des modalités « Elevé », « Moyen » et « Faible ». Le choix des modalités a été fait par observation directe suivie d'une validation lors des séances de focus groupes. Ces séances regroupaient les pêcheurs et les membres du comité de gestion et ont permis de recueillir les informations complémentaires sur la gestion et l'exploitation des retenues d'eau. Un GPS de marque GARMIN (GPSMAP 78 s) a été utilisé pour prendre les coordonnées géographiques lors des enquêtes.

### 2.2.2. Mesure *in situ* et au laboratoire des paramètres de qualité de l'eau des retenues d'eau

Au niveau de chacune des 28 retenues d'eau, la température de l'eau, l'oxygène dissous et le pH ont été mesurés respectivement au moyen d'un oxythermomètre (HANNA HI 9146) et d'un pH-mètre (WTW 3210). De même, au niveau de deux retenues d'eau, celles de Batran (sous-zone Nord-nord) et de Songhaï (sous-zone Nord-centre), des échantillons d'eau ont été prélevés mensuellement sur quatre mois et transportés sauf pour le zooplancton, sous glace à une température d'environ 4°C dans des glacières isothermes (CEAEQ, 2012) jusqu'au laboratoire pour les travaux qui concernent :

- (i) le dosage des sels nutritifs (les nitrates, les nitrites, l'ammonium et l'orthophosphate) au spectrophotomètre d'absorption moléculaire HACH (DR/ 2400) en utilisant des réactifs de même marque et en employant les méthodes décrites dans les manuels d'utilisation (HACH Company, 2012) dans le Laboratoire de Contrôle de Qualité des Eaux et Aliments de la Direction Nationale de Santé Publique (LCQEA/DNSP);

- (ii) l'évaluation de la biomasse phytoplanctonique selon APHA (1992) et Raschke (1993) après dosage de la Chlorophylle a (Lorenzen, 1967) dans le Laboratoire de Recherche en Aquaculture et Ecotoxicologie Aquatique de l'Université de Parakou;
- (iii) l'identification des taxons zooplanctoniques (Amoros, 1984 ; Dussart et Defaye, 2001 ; Pourriot, 1980) et l'évaluation de leur densité (APHA, 1992) au Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Ecotechnologie des Eaux de l'Université Félix HOUPOUET-BOIGNY.

Les échantillons utilisés pour les sels nutritifs ont été collectés à 20-25 cm de la surface d'eau dans une bouteille en plastique de 500 ml. Les bouteilles utilisées ont été préalablement labellisées et traitées selon Rodier *et al.* (2009). Pour la Chlorophylle *a*, les échantillons ont été aussi pris dans des bouteilles de 500 ml en plastique opaques, prétraitées et recouvertes avec des sachets noirs afin d'empêcher la pénétration des rayons lumineux. Pour mesurer la densité du zooplancton, une quantité de 100 l d'eau pris entre 20 et 25 cm de profondeur par rapport à la surface a été filtrée avec un tamis WVR de maille 50 µm. Le filtrat obtenu a été concentré dans un pilulier de 100 ml de contenance. La conservation des organismes zooplanctoniques a été faite par ajout de formol 5% à raison de 10% du volume de concentration.

### 2.2.3. Appréciation de l'état de santé et de la qualité sanitaire des poissons

Afin d'apprécier l'état de santé et la qualité microbiologique des poissons pêchés dans les retenues d'eau, des échantillonnages ont été faits sur les individus du tilapia, poisson le plus capturé dans ces écosystèmes aquatiques (Imorou Toko *et al.*, 2011). Un lot de quinze spécimens en vie a été acheté auprès des pêcheurs dans une retenue au niveau de chaque sous-zone. Il s'agit de la retenue d'eau de Batran pour la sous-zone Nord-nord (zone de forte utilisation de pesticides : bassin cotonnier, nord-Bénin), de la retenue d'eau Songhaï pour la sous-zone Nord-centre (zone d'utilisation moyenne de pesticides : hors bassin cotonnier, nord du Bénin) et de la retenue d'eau d'Atchakpa pour la sous-zone Nord-sud (zone de faible utilisation de pesticides : hors bassin cotonnier, centre du Bénin) (Ton, 2004). Les poissons échantillonnés à Atchakpa, Songhaï et Batran avaient respectivement  $96,2 \pm 12,77$  g,  $99,8 \pm 12,39$  g et  $99,8 \pm 16,10$  g comme poids moyens. Sur le terrain, les fèces, le mucus et le muscle ont été prélevés sur chaque poisson dans les conditions aseptiques et conditionnés respectivement dans un tube stérile, un écouvillon déposé dans un tube stérile et un sachet stérile. Après prélèvement, chaque poisson a été emballé dans un sachet stérile initialement numéroté. Les prélèvements ont été transportés dans une enceinte isotherme contenant de la glace jusqu'au Laboratoire de Diagnostic Vétérinaire et

de Séro-surveillance de Parakou où les bactéries recon- nues pathogènes ont été recherchées. Pour l'état sani- taire du poisson, les salmonelles et les staphylocoques ont été recherchés selon les normes de l'Organisation Internationale de Normalisation, respectivement dans les fèces et le mucus alors que la qualité microbiolo- gique du poisson a été appréciée sur la base de la pré- sence ou non des bactéries du genre *Aeromonas* dans le muscle du poisson. L'ensemencement des fèces a été réalisé dans le milieu de culture Salmonella-Shigella (S-S) et les deux autres prélèvements (muscle et mucus) ont été ensemencés dans le Tryptone Soy Agar (TSA). Après ensemencement, les colonies observées ont été repiquées et les tests de confirmation ont été réalisés. Il s'agit de la coloration de Gram et des tests biochi- miques. De même, le niveau de l'activité phagocytaire des macrophages des rates a été apprécié au niveau des retenues d'eau de Batran et de Songhaï situées dans le nord du Bénin afin de mieux expliquer leur état sani- taire. Pour cela, pour chaque retenue d'eau, les rates de 20 individus du poisson tilapia issus de la pêche de cap- ture ont été prélevées dans des tubes eppendorfs de 1,5 ml contenant une solution conservatrice composée du milieu L15, du sérum fœtal de veau et de la pénicilline. Les prélèvements ont été conservés à environ 4°C jusqu'au Laboratoire de Recherche en Aquaculture et Ecotoxicologie Aquatique (LaRAEAQ) où le niveau de l'activité des macrophages a été évalué selon Fatima *et al.* (2007) et Milla *et al.* (2010). Par ailleurs, un échan- tillon composite de sédiment et un autre d'eau consti- tués chacun de trois sous-échantillons issus de trois en- droits différents ont été prélevés à Batran et à Songhaï. De même, trois individus de tilapia de tailles proches, dont les muscles ont été utilisés pour former un seul échantillon représentatif ont été achetés auprès des pê- cheurs. Ces échantillons ont été transportés à 4°C jusqu'au LaRAEAQ et envoyés en Belgique pour l'ana- lyse des résidus de pesticides. Les pesticides d'intérêt dans cette étude sont de la famille des organochlorés, les plus dangereux des pesticides. Il s'agit du dichloro- diphényltrichloroéthane (DDT) et de son métabolite le plus persistant dans l'environnement, le dichlorodiphé- nyldichloroéthylène (DDE). Ils ont été quantifiés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spec- trométrie de masse au Laboratoire d'analyse des den- rées alimentaires de la Faculté de Médecine Vétérinaire à Université de Liège.

### 2.3. Traitement et analyse statistique des don- nées

Les données de coordonnées géographiques ont servi à la réalisation des cartes dans le logiciel Arc GIS 9.3.2. La base de données issue de l'enquête par questionnaire a été transférée dans le logiciel IBM SPSS version 20.0 pour le calcul des moyennes pour les variables quanti- tatives et des fréquences relatives pour les variables qualitatives. En utilisant ce même logiciel, l'Analyse de

Variance à un seul critère de classification (ANOVA 1) et le test de Khi-deux ont été respectivement réalisés pour la comparaison des différentes moyennes entre sous-zones et pour analyser si les fréquences calculées dépendent de la sous-zone. Les données obtenues après analyses microbiologiques ont été utilisées pour calcu- ler le taux de prévalence des germes recherchés. Le fac- teur de bioaccumulation poisson-sédiment pour la mo- lécule de pesticide détectée à la fois dans le sédiment et le poisson a été calculé selon Katagi (2010) (concentra- tion du pesticide dans le poisson/ concentration du pes- ticide dans sédiment). Au moyen d'un test de Student à deux échantillons indépendants (STATISTICA 6.1), les valeurs moyennes de l'activité phagocytaire des ma- crophages des rates ont été comparées entre les deux retenues d'eau. Le seuil de significativité considérée pour les analyses statistiques était de 5 %. Les tableaux et graphiques ont été faites dans le tableur Excel et les résultats sont présentés sous forme moyenne  $\pm$  écart type.

## 3. Résultats

### 3.1. Caractéristiques physiques et topogra- phiques des retenues d'eau

Les retenues d'eau sont à 79% de forme irrégulière, le reste étant rectangulaire. Seulement 17,86% des re- tenues d'eau ont leur cuvette fortement comblée (Fi- gure 2). Aussi bien pour les digues que les déversoirs, aucune retenue n'a présenté la modalité « très bien » (Figure 3). L'état des déversoirs reflète parfaitement celui des digues lorsqu'elles existent. Près de 60% des retenues d'eau étudiées ont leurs déversoirs en mauvais état, la proportion des retenues dont les déversoirs sont en bon état est de 28,57% (Figure 3). Le constat est que plus l'on évolue de la zone Nord-sud vers la zone Nord- nord, plus la dégradation de l'état des ouvrages des re- tenues d'eau s'accroît.

### 3.2. Qualité de l'eau des retenues d'eau

La totalité des 28 retenues d'eau étudiées sont tribu- taires d'un autre écosystème aquatique (rivière par exemple) et reçoivent également les eaux de ruisselle- ment en plus des apports phréatiques. En fonction du régime hydrologique, les retenues d'eau sont soit per- manentes ou temporaires et 71,43 % des 28 retenues gardent un volume assez élevé d'eau durant huit mois dans l'année notamment d'avril à novembre. Les ta- bleaux 1 et 2 présentent respectivement les paramètres physico-chimiques et ceux de qualité chimique et bio- logique de l'eau des retenues. On remarque que les taux des sels nutritifs, la biomasse algale et la densité zoo planctonique sont plus élevés dans la retenue d'eau de Batran située dans le bassin cotonnier.

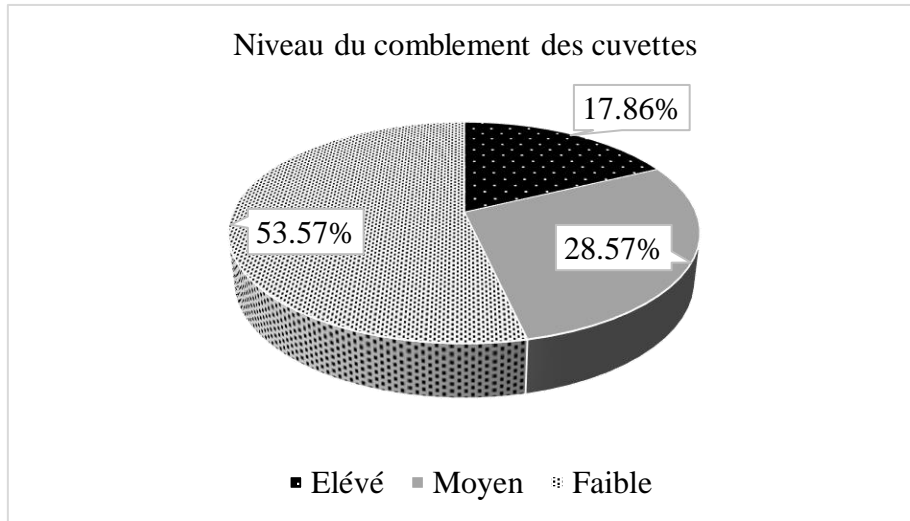


Figure 2: Proportions des niveaux du comblement des cuvettes des retenues d'eau

Figure 2: Proportions of the levels of filling of the water reservoirs' bowls

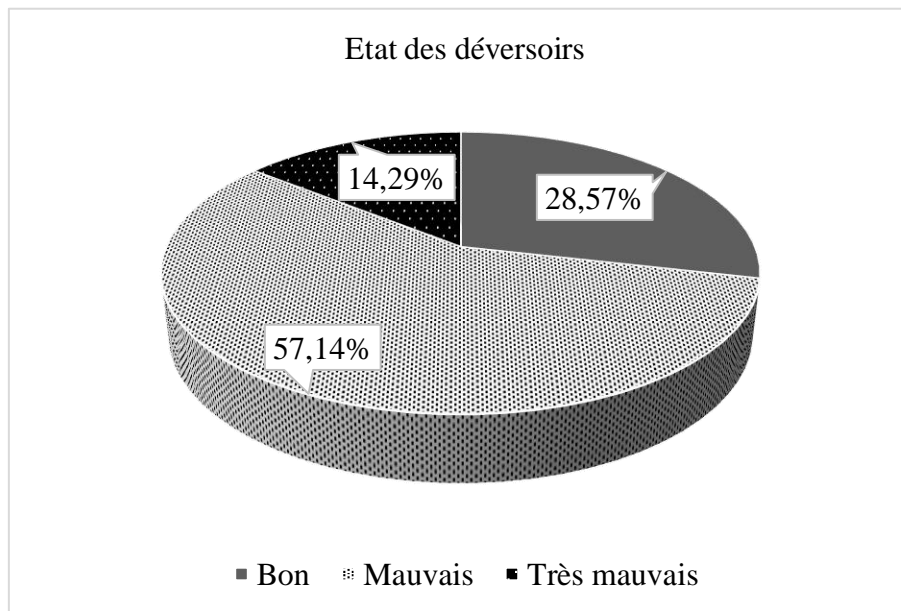


Figure 3: Proportions des états des déversoirs des retenues d'eau

Figure 3: Proportions of the water reservoirs' spillways conditions

Tableau 1: Paramètres physico-chimiques de l'eau des retenues d'eau

Table 1: Water physico-chemical parameters of the reservoirs

Paramètres	Moyenne $\pm$ écart type
T ( $^{\circ}$ C)	29,48 $\pm$ 1,78
pH	6,80 $\pm$ 0,22
O <sub>2</sub> (mg/l)	3,85 $\pm$ 0,19

Tableau 2: Concentrations en sels nutritifs et qualité biologique de l'eau des retenues d'eau

Table 2: Nutritive salts concentration and biological quality of the water reservoirs

Variables	Moyenne $\pm$ écart type	
	Batran	Songhaï
Nitrates (mg/l)	10,17 $\pm$ 9,43	4,89 $\pm$ 2,79
Nitrites (mg/l)	0,01 $\pm$ 0,01	0,02 $\pm$ 0,03
Orthophosphate (mg/l)	1,32 $\pm$ 2,49	1,36 $\pm$ 2,62
Ammonium (mg/l)	0,43 $\pm$ 0,04	0,14 $\pm$ 0,09
Chlorophylle a ( $\mu$ g/l)	31,57 $\pm$ 9,65	24,25 $\pm$ 10,32
Biomasse phytoplanctonique ( $\mu$ C/l)	2115,19 $\pm$ 646,39	1624,75 $\pm$ 691,77
Zooplankton (individus/ l)	157,98 $\pm$ 40,45	60,38 $\pm$ 29,42
% Copépodes	58,06 $\pm$ 12	36,45 $\pm$ 7,93
% Rotifères	36,69 $\pm$ 10,46	47,51 $\pm$ 7,44
% Cladocères	5,25 $\pm$ 1,6	16,04 $\pm$ 4,57

Les organismes de Rotifères ; de Cladocères ; de Copépodes identifiées sont respectivement *Trichocerca* spp., *Brachionus anguilaris* et *Brachionus calyciflorus* ; *Diaphanosoma excisum* et *Moina micrura* ; Nauplii et Cyclopidé. Les larves de poissons et d'insectes sont aussi retrouvées dans la faune planctonique

### 3.3. Exploitation des retenues d'eau et qualité sanitaire des poissons

#### 3.3.1. Exploitation des retenues

Les acteurs utilisant les retenues d'eau sont les pêcheurs, les éleveurs, les maraichers, les agriculteurs (producteurs de vivriers et du coton) ayant leurs champs non loin des retenues et les ménages. Les retenues d'eau constituent d'importantes pêcheries aux pratiquants de l'activité de pêche. Les éleveurs de bovins et d'ovins conduisent leurs troupeaux vers les retenues pour leur abreuvement. Les maraichers qui s'installent aux alentours des retenues d'eau se servent de celles-ci pour l'arrosage de leurs cultures. Les agriculteurs quant à eux, utilisent l'eau de la retenue pour la préparation des produits phytosanitaires et parfois comme eau de boisson surtout en saison sèche. Les ménages utilisent l'eau des retenues pour la vaisselle, la lessive, le lavage des engins (motos et voitures), la natation, le bain et la construction des bâtiments.

En ce qui concerne l'activité de pêche en particulier, elle se pratique en eau libre. Les principaux engins de pêche utilisés dans les retenues d'eau sont les palangres appâtées, les filets maillants, le filet épervier, la senne et les viviers. Les activités halieutiques sont intenses en

période de basses eaux correspondant à la saison sèche. Sur les 84 pêcheurs enquêtés, 73 (soit 86,90%) ont affirmé qu'en plus du recrutement (arrivée dans le stock de nouvelles classes d'âges) par voie naturelle des poissons, les retenues d'eau reçoivent directement en eau libre des mises en charge artificielles. Aussi, a-t-il eu des tentatives d'élevage de poissons en cages flottantes dans certaines retenues d'eau du nord du Bénin. En effet, sur 28 retenues d'eau étudiées, les infrastructures piscicoles sont installées par divers projets et Organisations Non Gouvernementales dans douze dont trois dans la sous-zone Nord-sud, cinq dans la sous-zone Nord-centre et quatre dans la sous-zone Nord-nord. Les espèces empoisonnées en eau libre et dans les infrastructures sont en premier ordre *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) puis *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Actuellement, c'est seulement dans la retenue d'eau de Atchakpa à Savè, celle de Tchakparou à N'Dali et celles de Nikki centre et de Gnanhoun à Nikki que les infrastructures installées sont encore fonctionnelles. Les principales raisons évoquées pour la non fonctionnalité des installations dans les autres retenues sont la mauvaise gestion des membres du comité et les vols de poisson.

D'habitude, les poissons ne sont pas nourris par les pêcheurs. C'est seulement à Nikki que les poissons empoisonnés en infrastructures sont nourris avec les sous-produits locaux. Même à Nikki, la fréquence de nourrissage est aléatoire et fonction de la disponibilité de l'aliment. Les pêches mensuelles de contrôle de croissance ne sont pas effectuées. Les différences ne sont pas significatives entre les sous-zones pour la durée

d'élevage ( $p=0,052 > 0,05$ ). Elles varient entre 5 et 10 mois avec une moyenne de  $7,576 \pm 1,50$  mois considérant les trois sous-zones.

Les données de production ne sont pas enregistrées par les pêcheurs au niveau des cages flottantes fonctionnelles. En ce qui concerne la pêche de capture, l'enquête révèle que les pêcheurs des trois sous-zones capturent en moyenne  $4,65 \pm 2,63$  kg de poisson par jour (entre 0,3 et 12 kg). La sous-zone n'a pas d'influence significative sur les quantités de poisson pêchées ( $p=0,61 > 0,05$ ).

Les poissons issus de l'activité de pêche sont vendus frais au bord des retenues d'eau ou au niveau des sites prévus à cet effet dans les villages et parfois dans les centres villes. Le prix de vente du poisson au kilogramme varie significativement en fonction des sous-zones ( $p=0,00 < 0,05$ ). Ce prix oscille entre 300 et 1800 F CFA avec une moyenne de  $1023,81 \pm 286,91$  F CFA. Les pêcheurs nous ont rapporté que parfois les captures

de pêche n'arrivent pas à satisfaire les clients demandeurs. Les poissons achetés par les habitants du village abritant la retenue sont souvent fumés ou séchés afin de garantir une durabilité de leur conservation pour les besoins du ménage.

### 3.3.2. Etat de santé microbiologique et qualité sanitaire des poissons pêchés dans les retenues d'eau

Pour l'état de santé microbiologique des poissons, comparativement aux deux autres retenues d'eau, les taux de prévalence des bactéries *Salmonella* spp. et *Staphylococcus* spp., respectivement dans les fèces et le mucus du tilapia sont plus élevés dans la retenue de Batran située dans le bassin cotonnier, une zone de forte utilisation de pesticides (Tableau 3). C'est aussi dans cette même retenue que la valeur moyenne de l'activité phagocytaire des macrophages des rates est significativement plus élevée ( $p < 0,05$ ) en comparaison avec les deux autres retenues d'eau (Figure 4).

Tableau 3 : Taux de prévalence des germes recherchés dans le poisson tilapia pêché dans les retenues d'eau

Table 3: Prevalence rates of the pathogenic germs in tilapia fish from water reservoirs

Germes pathogènes recherchés	Taux de prévalence (%)		
	Atchakpa	Songhaï	Batran
Salmonella spp. dans les fèces	20	20	80
Staphylococcus spp. dans le mucus	60	40	80

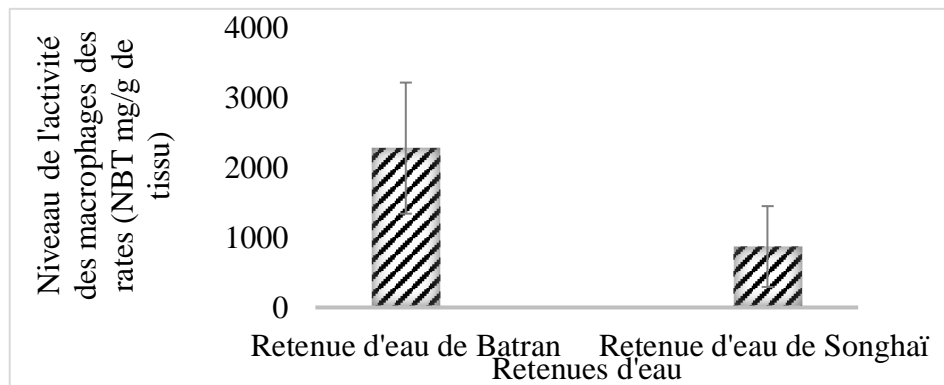


Figure 4 : Niveau de l'activité phagocytaire des macrophages des rates chez le poisson tilapia pêché dans une retenue d'eau du bassin cotonnier (Batran) et dans une autre hors bassin cotonnier (Songhaï) au nord du Bénin

Figure 4: Level of the macrophages phagocytic activity in spleens of tilapia fish captured in Batran water reservoir (cotton basin) and Songhaï water reservoir (outside the cotton basin)

S'agissant de la qualité microbiologique des poissons, quelle que soit la retenue d'eau, le muscle du poisson tilapia est contaminé par les bactéries du genre *Aeromonas*. Comme au niveau de la retenue d'eau de Batran, la prévalence de ces germes dans le muscle est

aussi élevée dans la retenue d'eau de Atchakpa située au centre du Bénin (Figure 5).



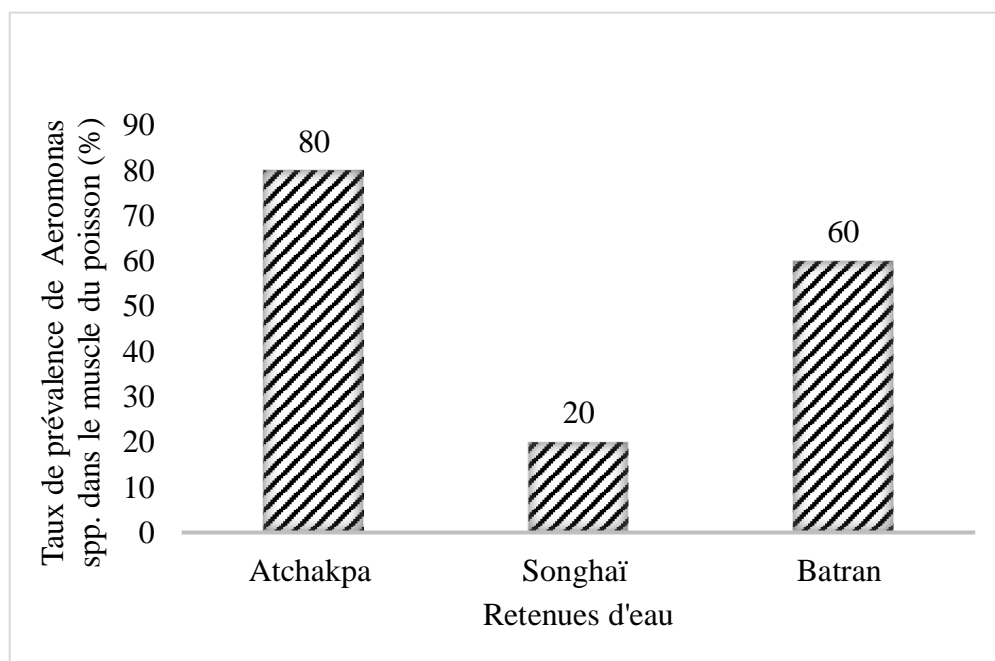


Figure 5: Taux de prévalence de *Aeromonas* spp. dans le muscle du tilapia pêché dans les retenues d'eau

Figure 5: Prevalence rates of *Aeromonas* spp. in muscle of tilapia fish from water reservoirs

En ce qui concerne l'accumulation des pesticides, la retenue de Batran située dans le bassin cotonnier est plus contaminée que celle de Songhaï située hors de ce bassin au nord du Bénin. Quelle que soit la molécule de pesticide, les résidus sont plus élevés dans le sédiment en comparaison à l'eau (Tableau 4). Aucun pesticide

n'a été détecté dans les poissons issus de la retenue d'eau de Songhaï et dans l'eau de la retenue d'eau de Batran (Tableau 4). Seul le DDE (4,8) a été retrouvé dans le poisson avec un facteur de bioaccumulation poisson-sédiment assez élevé de 2,82.

Tableau 4 : Accumulation des résidus de pesticides dans les matrices aquatiques au niveau des retenues d'eau du nord du Bénin

Table 4: Accumulation of pesticide residues in aquatic matrices of the northern Benin reservoirs

Retenues d'eau	Matrices aquatiques					
	Sédiment (µg/kg)		Eau (µg/l)		Poisson (µg/kg)	
	DDE	DDT	DDE	DDT	DDE	DDT
Batran	1,7	1,57	-	-	4,8	-
Songhaï	0,8	1,33	0,2	-	-	-

### 3.4. Gestion des retenues d'eau

Les retenues d'eau (96,43%) sont gérées par un comité. L'arrêté « année 2010 n°5/171/PDBA/SG/SPAT portant création, composition, attributions des comités de gestion des retenues d'eau des départements du Borgou et de l'Alibori dotées de Plan de Gestion de Plan d'Eau » stipule que le nombre de postes destinés à onze personnes (avec des adjoints) est fixé huit. C'est l'organe qui est chargé de veiller à l'exploitation rationnelle de la retenue d'eau en vue d'une préservation des ressources et de la sauvegarde de l'écosystème. Selon cet arrêté, tous les acteurs et usagers de la retenue d'eau

doivent être représentés dans le comité de gestion avec une forte représentation des acteurs du sous-secteur de la pêche. Cependant, il existe actuellement l'affermage comme mode de gestion, constaté au niveau d'une retenue d'eau dans la commune de N'Dali. Le recours à ce choix par la mairie est la conséquence d'une mauvaise gestion de la part du comité de gestion et a engendré un mécontentement dans le rang de la population. Cette retenue d'eau est donc gérée de façon privée sans l'implication des comités de gestion.

Par ailleurs, les pêcheurs autorisés par les comités de gestion pratiquent journalièrement leur activité. L'autorisation fait suite au paiement des droits de pêche aux

comités de gestion des retenues d'eau. Le pêcheur utilise le revenu issu de la pêche pour assurer les besoins d'alimentation du ménage, l'éducation de ses enfants et pour les soins de santé de sa famille. Dans certaines retenues d'eau dans les sous-zones Nord-centre et Nord-nord, l'exploitation quotidienne des poissons est interdite, les poissons étant pêchés deux à quatre fois dans l'année sous le contrôle des agents de pêche, de la mairie et des membres des comités de gestion. D'après les enquêtés, les revenus obtenus sont gérés par le trésorier du comité de gestion et servent à entretenir les retenues. Egalement, ils sont utilisés dans le village pour des œuvres sociales (soutien à une famille éplorée, réfection des salles de classe, contribution à la construction d'une pompe à motricité humaine, etc.).

Actuellement, la qualité de la gestion faite des retenues est variable en fonction des sous-zones. Dans les sous-zones Nord-sud et Nord-nord, plusieurs comités de gestion ne sont pas fonctionnels et d'autres font une gestion non transparente et non rigoureuse. Contrairement à ces deux sous-zones, la gestion des retenues d'eau est beaucoup plus rigoureuse dans la sous-zone Nord-centre (N'Dali, Nikki et Bembèrèkè). En effet dans ces trois communes, les comités de gestion installés sont bien suivis par les agents de la mairie et des détachements communaux du ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche. Chaque membre des comités se trouve donc contraint de mener une pratique saine et sérieuse de gestion au risque de se voir remplacer par un autre. Dans cette sous-zone, la plupart des comités de gestion contient au moins une femme et tous les grands utilisateurs des retenues d'eau sont représentés. Il est important de souligner qu'à Nikki, avant qu'un animal n'ait accès aux retenues d'eau pour l'abreuvement, les propriétaires payent et le prix est fonction de la saison. Les comités de gestion organisent à volonté des séances d'entretien des retenues d'eau. Ces opérations consistent à remblayer la digue, ramasser la végétation flottante, faucher les mauvaises herbes autour de la digue et aux alentours des retenues.

#### 4. Discussion

Cette étude a pour objectif de présenter l'état actuel, les modes d'exploitation et la gestion des retenues d'eau qui sont majoritairement des barrages et minoritairement des surcreusements de mare au Bénin (Azonsi *et al.*, 2008 ; Chabi, 2012 ; Adam Sanni, 2011 ; Imorou Toko *et al.*, 2011). Les principaux ouvrages notamment la cuvette, le déversoir et la digue de la plupart des barrages sont dégradés et le niveau de cette dégradation varie en fonction des zones. L'étude conduite par Azonsi *et al.* (2008) avait révélé la dégradation des retenues d'eau dans le nord du Bénin. En effet, sur un effectif de 243 retenues d'eau recensées par ces auteurs dans les départements du Borgou, de l'Alibori, de la Donga, de l'Atacora et des Collines, 124 (soit 51,03%)

nécessitaient une réfection urgente. La dégradation des retenues d'eau est liée au fait qu'elles subissent les effets de nombreuses activités anthropiques et ceci est récemment signalé par Kpéra (2015). Signalons qu'en dehors de l'action humaine, Ibouraima (2005) a montré que le phénomène d'érosion contribue également à la dégradation des retenues d'eau dans le nord du Bénin. En effet, l'érosion hydrique des bassins versants augmente la vitesse de comblement de la retenue, ce qui entraîne la réduction de la capacité en eau et l'altération des ouvrages de la retenue (Remini et Remini, 2003). Habi et Morsli (2011) ont aussi constaté une dégradation de l'état physique des retenues d'eau collinaires dans le nord algérien. Ces auteurs signalent que la dégradation s'aggrave lorsque les actions de réhabilitation (l'aménagement des bassins versants, la réalisation des bacs de décantation, la surélévation des digues, et le dragage au besoin) ne sont pas entamées de façon précoce. Malgré la dégradation des retenues d'eau du Bénin, elles jouent d'importants rôles à la population. Elles constituent par exemple des sources d'approvisionnement en poissons et en eau pour le maraichage et l'abreuvement des troupeaux.

L'étude a révélé que l'alimentation en eau de ces retenues a trois origines. Il s'agit des apports phréatiques, pluvieux par ruissellement et ceux d'un autre écosystème aquatique adjacent du côté amont. Ces résultats sont en accord avec ceux de Cecchi et Yté Wongbé (2007) qui stipulent que la majorité des retenues d'eau du nord de la Côte d'Ivoire ont un régime hydrologique saisonnier dépendant des apports pluvieux directs associés à leurs petits bassins versants. En ce qui concerne la qualité de l'eau, les valeurs des principaux paramètres physico-chimiques pour la vie aquatique notamment la température, le pH et l'oxygène dissous mesurées dans les retenues d'eau du nord du Bénin sont dans les intervalles de gammes tolérées par les poissons d'eau douce tropicale selon les recommandations de Viveen *et al.* (1985) et Lacroix (2004). Globalement les teneurs en sels nutritifs sont bonnes (SEQ-Eau, 2010) à l'exception des ions nitrates dont les teneurs mesurées semblent être un peu élevées selon Wetzel et Likens (1991). La richesse des deux retenues d'eau en nitrates s'explique par le fait que les échantillons étaient pris en saison d'intenses activités agricoles, donc d'utilisation des fertilisants dans les grandes surfaces cultivées, qui rejoignent les milieux aquatiques via le ruissellement (Somé *et al.*, 2008). Elle a pour conséquence le développement de la végétation flottante dans l'eau des retenues sous lesquels les petits organismes consommés par les poissons se développent. Cependant, en cas d'envahissement excessif des végétaux aquatiques, l'état de santé de la retenue d'eau peut être altéré. Les valeurs assez élevées des densités des grands groupes zooplanctoniques sont en corrélation avec la biomasse phytoplanctonique. Cette richesse biologique de l'eau des retenues d'eau au nord du Bénin témoigne également

de la disponibilité des aliments naturels pour l'alimentation des poissons.

Plusieurs acteurs exploitent les retenues d'eau dans le septentrion béninois. Il s'agit des éleveurs, des maraichers, des agriculteurs et des pêcheurs. La diversité des acteurs autour des retenues d'eau est apparue dans les études réalisées par Ibouraima (2005) et Kpéra (2015). C'est d'ailleurs le même constat qu'a fait Pi-quemal (1991) dans les retenues d'eau du Burkina Faso. Il a aussi été rapporté par Le Guen et Tito de Morais (2001), une diversité des utilisations agricoles associées aux retenues d'eau du nord de la Côte d'Ivoire.

Les engins de pêche utilisés par les pêcheurs dans les retenues d'eau du Bénin à savoir les palangres appâtées, les filets maillants, le filet épervier, la senne de rivage sont également retrouvés chez les pêcheurs exploitant les retenues d'eau de la Côte d'Ivoire (Tah *et al.*, 2009). La production de poisson exploitée journalièrement par pêcheur ( $4,65 \pm 2,63$  kg) au niveau des retenues d'eau du nord du Bénin est relativement faible comparative-ment à celle des retenues d'eau de la Côte d'Ivoire qui est de  $11,72 \pm 11,76$  kg selon Tito de Morais *et al.* (2007) et de  $7,45 \pm 5,20$  kg selon Da Costa *et al.* (1998). Cette variabilité dans les quantités exploitées pourrait être due à la différence des dimensions, de l'effort de pêche et à l'application ou non de l'empoisonnement artificiel. Par ailleurs, selon Pèlèbè *et al.* (2019), ces niveaux actuels d'exploitation des retenues au Bénin assurent une rentabilité de l'activité.

La sécurité sanitaire des produits capturés pose un problème surtout dans le bassin cotonnier. Il ressort de la présente étude que dans cette zone, les pesticides organochlorés s'accumulent dans les poissons principalement à partir des sédiments aquatiques. Ceci est en adéquation avec Zoumis *et al.* (2001) qui rapportent que les sédiments sont des puits importants pour divers polluants, tels que les pesticides, et permettent même dans les conditions favorables la remobilisation des contaminants dans les milieux aquatiques. C'est dans cette même zone que les prévalences d'infection des organes des poissons par les microbes strictement pathogènes sont les plus élevées. Cette perturbation des poissons par les bactéries s'est traduite par une augmentation des niveaux de l'activité des macrophages qui, selon Harford *et al.* (2005) constituent un biomarqueur sensible de l'exposition environnementale aux pesticides.

La présence des Salmonelles et des Staphylocoques respectivement dans les fèces et le mucus indiquent l'existence d'une pollution d'origine fécale (Novotny *et al.*, 2004 ; Abotchi, 2010). Cette dernière proviendrait des animaux qui s'abreuvent dans les retenues d'eau et des Hommes qui défèquent dans les zones proches des retenues d'eau. Malheureusement les bactéries ayant contaminé un poisson en vie à cause de l'altération de son système immunitaire peuvent atteindre la chair après la mort du poisson (Shewan, 1977) avec des

risques sanitaires (maladies infectieuses, toxi-infections et intoxications) pour la santé humaine (Saoussen, 2016 ; Stratev *et al.*, 2012 ). C'est cette possibilité de passage des germes dans la chair à travers les fibres de collagène qui explique la présence de *Aeromonas* spp., une bactérie typiquement aquatique (Stratev *et al.*, 2012) dans le muscle des poissons.

## 5. Conclusion

L'objectif du présent article est de présenter l'état actuel et les modes d'exploitation et de gestion des retenues d'eau au Bénin. Gérées par des comités spécifiques, elles sont des écosystèmes aquatiques de forte intégration agro-halieu-tique et constituent de grandes potentialités pour le développement du secteur agricole béninois. Aujourd'hui, la plupart de ces ouvrages hydrauliques sont en état de dégradation avancé. Toutefois, elles jouent un rôle socioéconomique assez important et leur exploitation fait intervenir plusieurs acteurs à l'instar des pêcheurs. La qualité sanitaire des poissons qui y sont pêchés est menacée dans le bassin cotonnier. Le mode actuel d'exploitation piscicole des retenues d'eau disponibles au Bénin n'augure pas des productions pouvant faire face à l'accroissement de la demande en poisson. La promotion de la pisciculture dans ces milieux aquatiques pourrait permettre d'améliorer la disponibilité des produits halieu-tiques frais au nord du Bénin. C'est d'ailleurs le souhait des autorités tant au niveau local que national. Ce désir populaire ne deviendra réalité que lorsque toutes les contraintes et problèmes qui peuvent exister sont connus et levés.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre des travaux de thèse de doctorat du premier auteur en régime de cotutelle entre l'Université de Parakou (Bénin) et l'Université Félix HOUPOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire). Ce dernier remercie d'une part le projet AquaTox-Bénin pour les facilités techniques et d'autre part le Service de Coopération et d'Action Culturelle de l'Ambassade de France au Bénin (SCAC, Dossier 0185BENB170012), la Commission de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA, Programme de soutien à la formation et à la recherche de l'Excellence, édition 2018-2019) et la Fondation Internationale pour la Science (IFS, Projet de recherche N° A\_6207-1) pour leurs appuis financiers. Les auteurs remercient sincèrement tous les pêcheurs qui ont participé à l'enquête de terrain et toutes les personnes ayant contribué à l'amélioration de la qualité du manuscrit.

## CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

## REFERENCES

- Abotchi K. 2010. Evaluation de la qualité microbiologique des poissons fumés artisanalement au Togo. Mémoire de master 2 en qualité des aliments de l'homme, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, Sénégal, 42p.
- Adam Sanni M. 2011. Valorisation piscicole des retenues d'eau de la commune de Banikoara (Nord-Est Bénin) : Potentialités et limites. Thèse d'Ingénieur Agronome en Sciences et Techniques de Production Animale, Université de Parakou, Bénin, 81p.
- Amoros C. 1984. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Bulletin mensuel de la société Linnéenne de Lyon, 53 (3) : 4-63.
- APHA (American Public Health Association). 1992. Standard methods for Examination of Water and Wastewater. APHA (18<sup>th</sup> edition), Washington DC, USA.
- Azonsi F., Tossa A., Kpomasse M., Lanhoussi F., Zannou A., Gohoungossou A. 2008. Atlas hydrographique du Bénin : système de l'information sur l'hydrographie. Direction Générale de l'eau, Bénin, 22 p.
- Capo-Chichi Y.J., Egboou P., Houndekon B., Houssou-Ve G. 2009. Projet d'évaluation des retenues d'eau au Bénin : Rapport de consultation. Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche, Bénin, 96p.
- CEAEQ (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec). 2012. Modes de conservation pour l'échantillonnage des eaux de surface, DR-09-10. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 7 p.
- Cecchi P., Yté Wongbé A. 2007. Introduction : l'étude pluridisciplinaire des petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire : justification et stratégie de mise en œuvre : 17-41. In : Cecchi P. (Eds), L'eau en partage : les petits barrages de Côte d'Ivoire. IRD (France) : Latitudes 23.
- Chabi S. 2012. Etude des potentialités socioéconomiques et piscicole des retenues d'eau dans le nord Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome en Sciences et Techniques de Production Animale, Université de Parakou, Bénin, 77 p.
- Da Costa K. S., Traoré K., Tito de Morais L. 1998. Effort de pêche et production exploitée dans les petites retenues du Nord de la Côte d'Ivoire. Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture, 71 (348) : 65-78.
- de Fraiture C., Kouali G.N., Sally H., Kabre P. 2014. Pirates or pioneers? Unplanned irrigation around small reservoirs in Burkina Faso. Agricultural Water Management, 13: 212-220. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.07.001>
- Dussart B.H., Defaye D. 2001. Introduction to the Copepoda Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Backhyus Publishers, Leiden, Netherlands.
- Fatima M., Mandiki S. N. M., Douxfils J., Silvestre F., Coppe P., Kestemont P. 2007. Combined effects of herbicides on biomarkers reflecting immune-endocrine interactions in goldfish. Immune and antioxidant effects. Aquatic Toxicology, 81: 159-167. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.11.013>
- Gouda A-I., 2018. Analyse des risques environnementaux liés aux pratiques phytosanitaires dans les écosystèmes aquatiques du bassin cotonnier (Nord Bénin). Essai présenté en vue de l'obtention du grade de docteur en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique de l'Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, 201 p.
- Habi M., Morsli B. 2011. Contraintes et perspectives des retenues collinaires dans le Nord-Ouest algérien. Sécheresse, 22: 49-56. <https://doi.org/10.1684/sec.2011.0293>
- HACH Company. 2012. Water Analysis Handbook. HACH Company (7<sup>th</sup> edition), Colorado, USA.
- Harford A.J., O'Halloran K., Wright P.F. 2005. The effects of in vitro pesticide exposures on the phagocytic function of four native Australian freshwater fish. Aquatic Toxicology, 75(4): 330-342. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.09.005>
- Ibouraima S. 2005. Comblement des retenues d'eau d'abreuvement en zone agropastorale soudano-sahélienne : Dynamique, bilan et impact de la sédimentation intra-cuvette. Cas du Département de l'Alibori (Nord-Est du Bénin-Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat en Gestion de l'Environnement, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 221p.

- Imorou Toko I., Yabi J.A., Assogba M.N., Adam Sanni M., Elegbe H.A. 2011. Evaluation des potentialités piscicoles et socioéconomiques des retenues d'eau pastorales dans la commune de Banikoara (Nord-est du Bénin). *Annales de l'Université de Parakou Série Sciences naturelles-Agronomie*, 92 -119.
- Katagi T. 2010. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer, Berlin, Allemagne.
- Kpéra G.N. 2015. Understanding complexity in managing agro-pastoral dams ecosystem services in Northern Benin. Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of doctor at Wageningen University, The Netherlands, 201 p.
- Lacroix E. 2004. *Pisciculture en Zone Tropicale*. GTZ, GFA Terra Systems, Hambourg, Allemagne.
- Le Guen T., Tito de Moraes L. 2001. Diversité des utilisations agricoles associées aux retenues d'eau du Nord de la Côte-d'Ivoire. *Cahiers d'outre-mer*, 215 : 283-303.
- Lienou G., Mahe G., Pih S. L., Sighomnou D., Paturel J.E., Bamba F. 2014. L'aménagement des barrages de retenue d'eau, une stratégie d'adaptation à la sécheresse dans le bassin du fleuve Niger ? *Proceedings of FRIEND-Water*. France: 197-202.
- Lorenzen C. J. 1967. Determination of chloroand pheopigments: Spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*, 12: 343 - 346. <https://doi.org/10.4319/lo.1967.12.2.0343>
- Milla S., Mathieu C., Wang N., Lambert S., Nadzialek S., Massart S., Henrotte E., Douxfils J., Mélard C., Mandiki S. N. M. 2010. Spleen immune status is affected after acute handling stress but not regulated by cortisol in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Fish and Shellfish Immunology*, 28: 931-941. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2010.02.012>
- Napon K. 2013. Les petits réservoirs d'eau et leurs effets sur les conditions de vie des ménages : cas de la retenue de Boura (province de la Sissili). *Mémoire de Maîtrise en géographie physique*, Université de Koudougou, Burkina-Faso, 106 p.
- Novotny L., Dvorska L., Lorencova A., Beran V., Pavlic I. 2004. Fish: a potential source of bacterial pathogens for human beings. *Veterinarni Medicina*, 9: 343-358. <https://doi.org/10.17221/5715-VETMED>
- Ogou A.J. 2012. Valorisation piscicole des retenues d'eau pastorale dans la commune de N'Dali. *Mémoire de Licence Professionnelle en Pêche et Aquaculture*, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 40 p.
- Ouédraogo M. 1996. *Stratégie Nationale de gestion des ressources halieutiques*. CONAGESE. MEE, Ouagadougou, Burkina Faso, 64 p.
- Pèlèbè E.O.R. 2019. Performances d'élevage et qualité sanitaire des poissons *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) produits dans les retenues d'eau du nord du Bénin (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat en cotutelle en Hydrobiologie, Pêche et Aquaculture, Université de Parakou et Université Félix HOU-PHOUET-BOIGNY, Bénin et Côte d'Ivoire, 237p.
- Pèlèbè E.O.R., Imorou Toko I., Dassoundo-Assogba C.F.J. Ouattara N.I., Dimon Yai W.B., Yabi A.J., Mensah A.G. 2019. Assessment of the economic profitability determinants of fishing activity in water reservoirs in Northern Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 86: 65-73.
- Piquemal D. 1991. Inventaire et bilan des retenues d'eau au Burkina Faso. *Cahiers d'outre-mer*, 175: 259-280.
- Pourriot R. 1980. Rotifères: 219-244. In : Durand J.R., Lévêque C. (Eds), *Flore et Faune Aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne*. Tome I, Editions ORSTOM, Collection Initiations Documents Techniques n°44.
- Raschke R.L. 1993. Guidelines for Assessing and Predicting Eutrophication Status of Small Southeastern Piedmont Impoundments. U. S. Environmental Protection Agency, Region 4, Science and Ecosystem Support Division, Ecological Assessment Branch, Athens, Georgia.
- Remini W., Remini B. 2003. La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du Nord. *Larhyss Journal*, 02 : 45-54.
- Rodier J., Legube B., Merlet N., et al. 2009. *L'analyse de l'eau*. Dunod, Paris, France.
- Sally H., Levite H., Cour J. 2011. Local water management of small reservoirs: Lessons from two case studies in Burkina Faso. *Water Alternatives*, 4: 365-382.
- Saoussen N. 2016. Caractérisation des bactéries psychrotrophes de deux types d'aliments (viande de volaille et poisson sardine). *Mémoire de Master en*

Sciences biologique, spécialité écologie microbienne de l'Université des Frères Mantouri Constantine, Algérie, 72p.

- SEQ-Eau (Système d'Évaluation de la Qualité de l'eau). 2010. Grille d'interprétation des qualités des eaux des cours d'eau. Arrêté du 25 janvier, 1p.
- Shewan J.M. 1977. The bacteriology of fresh and spoiling fish and the biochemical changes induced by bacterial action: 51-66. In Proceedings of the Conference on the Handling, Processing and Marketing of Tropical Fish. Tropical Product Institute (London).
- Somé K., Dembélé Y., Somé L., Millogo - Rasolodimby J. 2008. Pollution agricole des eaux dans le bassin du Nakanbé : cas des réservoirs de Loumbila et de Mogtèdo au Burkina Faso. Sud et Technologies, 16 :14-22.
- Stratev D., Vashin I., Rusev V. 2012. Prevalence and survival of *Aeromonas* spp. in foods-a review. Revue de Médecine Vétérinaire, 163 (10) : 486-494.
- Tah L., Da Costa S.K., Kouassi N.J., Moreau J. 2009. Effort de pêche et production piscicole au lac d'Ayamé (bassin de la Bia; Côte d'Ivoire) après le départ des pêcheurs «BOZOS». Agronomie Africaine, 21 (1) : 103-115.
- Tito de Morais L., Da Costa K., Raffray J., Traoré K. 2007. Pêches artisanales dans les petits barrages : 75-95. In : Cecchi P. (Eds), L'eau en partage : les petits barrages de Côte d'Ivoire. IRD (France): Latitudes 23
- Ton P. 2004. La production du coton au Bénin, Projet d'analyse d'une spéculation agricole par pays, financé par le programme "Renforcement des capacités commerciales" de la FIPA (Fédération Internationale des Producteurs Agricoles), Cotonou et Amsterdam, FUPRO BENIN N° 15.4.04. 279K, 52p.
- Viveen W.J.A.R., Richter C.J.J, Oordet P.G.W., Janssens J.A.L., Huisman E.A. 1985. Manuel Pratique de Pisciculture du poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*). Direction Générale de la Coopération Internationale du Ministère des Affaires Etrangères-Département de Pisciculture et des Pêches de l'Université Agronomique de Wageningen-Département de Zoologie de l'Université d'Utrecht, 128p.
- Wetzel R.G., Likens G. 1991. Limnological analyses. Springer-Verlag, New York, USA.
- Zoumenou Y.M.B.G. 2019. Etude de la contamination de l'environnement et des produits de pêche par les pesticides, dans le bassin cotonnier béninois. Thèse de doctorat en Sciences Vétérinaires, Université de Liège, Belgique, 238p.
- Zoumis T., Schmidt A., Grigorova L., Calmano W. 2001. Contaminants in sediments: remobilization and demobilization. Science of The Total Environment, 266: 195-202.