

ACADEMIE UNIVERSITAIRE WALLONIE-EUROPE



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES ET GESTION DE

L'ENVIRONNEMENT

Laboratoire de Morphologie Fonctionnelle et évolutive

**ICHTYOFAUNE DU BASSIN DU FLEUVE MONO (BÉNIN ET TOGO):
DIVERSITÉ, ÉCOLOGIE ET IMPACTS ANTHROPIQUES**



Par

Djiman LEDEROUN

**Thèse de doctorat présentée en vue de l'obtention du grade de
Docteur en Sciences (PhD)**

Promoteur: Prof. Dr. Eric PARMENTIER (ULg / Belgique)
Co-promoteurs: Prof. Dr. Ir. Philippe Adédjobi LALÈYÈ (FSA - UAC / Bénin)
Dr. Emmanuel VREVEN (MRAC / Belgique)
Prof. Dr. Pierre VANDEWALLE (ULg / Belgique)

Liège, janvier 2015

Photos de couverture (de gauche à droite)

Paysage: vue partielle du barrage de Nangbéto, site du deuxième futur barrage d'Adjarala

Poissons: *Hemichromis fasciatus*, *Oreochromis niloticus*, *Dalophis Boulengeri*

ACADEMIE UNIVERSITAIRE WALLONIE-EUROPE



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES ET GESTION DE

L'ENVIRONNEMENT

Laboratoire de Morphologie Fonctionnelle et évolutive

ICHTYOFAUNE DU BASSIN DU FLEUVE MONO (BÉNIN ET TOGO): DIVERSITÉ, ÉCOLOGIE ET IMPACTS ANTHROPIQUES

Par

Djiman LEDEROUN

Thèse de doctorat présentée le 5 janvier 2015 devant le jury composé de Messieurs

Pascal PONCIN: Professeur, Responsable de l'Unité de Biologie du Comportement, Université de Liège, Belgique, Président.

Eric PARMENTIER: Professeur, Responsable du Laboratoire de Morphologie Fonctionnelle et Evolutive Université de Liège, Belgique, Promoteur.

Pierre VANDEWALLE: Professeur Emérite, Laboratoire de Morphologie Fonctionnelle et Evolutive Université de Liège, Belgique, Co-promoteur.

Emmanuel VREVEN: Conservateur, Département de Zoologie, Section d'Ichtyologie, MRAC, Belgique, Co-promoteur.

Philippe LALÉYÈ: Professeur, Directeur du Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture Université d'Abomey-Calavi, Bénin, Co-promoteur.

Jos SNOEKS: Professeur, Katholieke Universiteit Leuven, Conservateur et Responsable de la Section d'Ichtyologie, MRAC, Belgique.

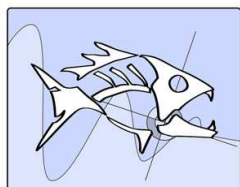
Jacques MOREAU: Professeur Emérite, Institut National Polytechnique - Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, France.

Disclaimer

This PhD is disclaimed for purposes of Zoological Nomenclature in accordance with the International Code of Zoological Nomenclature, Fourth Edition Articles 8.2 and 8.3 (ICZN, 1999) (see below). No new names or nomenclatural changes are available from statements in this PhD thesis.

Article 8.2. (ICZN, 1999: 6) **Publication may be disclaimed.** A work that contains a statement to the effect that it is not issued for public and permanent record, or for purposes of zoological nomenclature, is not published within the meaning Code.

Article 8.3. (ICZN, 1999) **Names and acts may be disclaimed.** If a work contains a statement to the effect that all or any of the names or nomenclature purposes, the disclaimed names or acts are not available. Such a work may be a published work (i.e. taxonomic information in it may have the same nomenclatural status as the taxonomic information in a published but suppressed work: see Article 8.7.1.).



Laboratoire
d'Hydrobiologie
et d'Aquaculture



INTERNATIONAL
FOUNDATION FOR
SCIENCE

Résumé

Ichtyofaune du bassin du fleuve Mono (Bénin et Togo): diversité, écologie et impacts anthropiques

Dans la présente étude, trois objectifs principaux ont été poursuivis: (1) obtenir un inventaire aussi complet que possible de l'ichtyofaune du Mono; (2) étudier l'écologie de celle-ci; et (3) analyser l'impact des activités de pêche sur les peuplements exploités à partir de deux espèces cibles.

Pour ce qui est de l'inventaire de l'ichtyofaune, l'utilisation des données de la littérature, des collections de musées et autres institutions et la nouvelle récolte de spécimens, celle-ci entre février 2011 et mars 2014, ont permis d'inventorier 91 espèces de poissons appartenant à 67 genres, 42 familles et 14 ordres. Les Perciformes (31 espèces), les Siluriformes (18), les Osteoglossiformes (10), les Cypriniformes (9) et les Characiformes (9) sont les ordres les plus diversifiés. Au niveau des familles, les Cichlidae (9 espèces), les Cyprinidae (9), les Mormyridae (7), les Clariidae (7) et les Alestidae (6), sont les plus riches en espèces. Vingt-neuf espèces dont 7 d'eau douce et 22 d'origine marine et/ou estuarienne ont été ajoutées à l'ichtyofaune antédant notre étude. Neuf espèces rapportées des collections des musées et trois espèces de la littérature n'ont pas été récoltées. Plusieurs problèmes taxonomiques ont été identifiés. Dans le cadre de leur résolution, deux cas ont fait l'objet d'étude approfondie. Ainsi, le statut taxonomique de *Brycinus leuciscus* et *B. luteus* (Alestidae, Characiformes), révisé à partir des spécimens provenant de l'ensemble de la zone de distribution des deux espèces nominales, a permis de proposer la synonymie des deux espèces, avec *B. leuciscus* comme synonyme senior. Cette dernière a été par erreur mentionnée du Mono. Notre étude confirme par ailleurs que les deux phénotypes c-à-d. l'un avec et l'autre sans bosse pré-dorsale illustrés dans la littérature pour *B. leuciscus* représentent une variation intra-spécifique. Une étude comparative des spécimens de '*Barbus*' *nigeriensis* (Cyprinidae, Cypriniformes) du bassin du Mono avec ceux des bassins de la Volta, Ogun et Niger a permis de décrire une nouvelle espèce, *Barbus* "Vandewalle" actuellement endémique de la Volta. Une clé d'identification des différentes familles, genres et espèces connues du bassin est proposée.

Concernant l'étude écologique, les peuplements des poissons ont été échantillonnés saisonnièrement (déc. à mi-mars et mi-juil. à mi-sept.) en 2012 et 2013 aux filets maillants de différentes mailles (10, 12, 17, 20 et 22 mm de maille de côté) dans dix stations distribuées au niveau, en aval et en amont des rapides d'Adjarala (site d'un futur barrage hydroélectrique à 100 km en aval de celui de Nangbéto) et du barrage de Nangbéto en prenant en compte 17 variables physico-chimiques et environnementales. L'ordination des stations d'étude en fonction des variables physico-chimiques, environnementales et des assemblages de poissons a été étudiée avec une méthode non linéaire, la carte auto-organisatrice (SOM). Les échantillons sont scindés en quatre groupes en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques et environnementales. La distance à la source, la hauteur de la canopée, le bloc rocheux, la couverture de la canopée, l'altitude, le gravier, la vase, le sable, la vitesse de l'eau et l'oxygène dissous sont les facteurs les plus discriminants des groupes obtenus. La zone d'Adjarala, site du futur nouveau barrage, se distingue actuellement par le substrat rocheux, la vitesse de l'eau et le taux relativement élevé d'oxygène dissous. En ce qui concerne l'ichtyofaune, les résultats de l'analyse SOM indique une structuration en trois groupes. Les données actuelles sont opposées à la tendance d'une homogénéité de la faune dans le cours moyen des rivières, qui est probablement due à la présence du barrage de Nangbéto. Une corrélation significative entre la distribution des espèces et les variables physico-chimiques et environnementales est trouvée. La distance à la source, l'altitude, la berge à forêt, la hauteur

de la canopée, la vitesse de l'eau, la conductivité, la transparence et le pH sont les paramètres qui expliquent la distribution de la communauté des poissons. Le niveau de perturbations de l'écosystème étudié à partir de la méthode de comparaison abondance/biomasse (ABC) a montré que les zones du barrage de Nangbéto et sa proximité amont et de l'embouchure sont les plus stressées.

Une clé longueur-poids et longueur-longueur est mise au point pour la première fois pour 37 espèces de poissons les plus représentées dans les captures dans le but d'aider les gestionnaires de pêche dans la collecte des données statistiques à l'échelle du bassin. L'analyse du coefficient d'allométrie b de la relation longueur-poids montre que la majorité des poissons ont une croissance allométrique. Le facteur de condition calculé pour apprécier l'embonpoint des poissons montre que le milieu est fortement perturbé.

Enfin, de l'analyse de l'impact de la pêche sur les espèces cibles, il apparaît clairement que la population de *Sarotherodon melanotheron melanotheron* est surexploitée au lac Toho. Une sous-exploitation de la population de *S. galilaeus galilaeus* est par contre notée dans les lacs Doukon et Togbadji; ce qui illustre la possibilité de gestion locale durable avec une pêche intensive. Dans l'ensemble, vu l'intensification des impacts anthropiques mise en évidence dans le cadre de cette thèse, un programme de surveillance régulier a toute son importance aujourd'hui pour préserver la diversité ichthyologique du bassin du Mono.

Summary

Ichthyofauna of the Mono River Basin (Benin and Togo): diversity, ecology and anthropogenic impacts

This study has three main objectives: (1) to obtain an inventory of the ichthyofauna of the Mono River that is as complete as possible; (2) to study the ecology of this ichthyofauna; and (3) to document the impact of fishing on the exploited stocks based on two targeted species. The inventory was made by compiling the literature, by studying collections of museums and of other institutions and by several sampling campaigns, conducted between February 2011 and March 2014. This resulted in an inventory of 91 fish species belonging to 67 genera, 42 families and 14 orders. The Perciformes (31 species), Siluriformes (18), Osteoglossiformes (10), Cypriniformes (9) and Characiformes (9) are the most diverse families in the Mono River Basin. The most species-rich families are the Cichlidae (9 espèces), Cyprinidae (9), Mormyridae (7), Clariidae (7) and Alestidae (6). Twenty-nine species, of which 7 of freshwater and 22 of marine or estuarine origin have been added to the ichthyofauna as known before this study. Nine species present in museum collections and three species only known from the literature have not been collected again. Several taxonomic problems have been encountered. Two of these cases were studied in depth. Foremost, the taxonomic status of *Brycinus leuciscus* and *B. luteus* (Alestidae, Characiformes) was revised based on specimens originating from the complete distribution range of the two nominal species. This allowed us to synonymise the two species, with *Brycinus leuciscus* as senior synonym. The latter has been erroneously mentioned from the Mono River. Our results, however, confirmed the presence of two phenotypes, i.e. one with and one without a pre-dorsal hump, which was mentioned in the literature as intra-specific variation in *B. leuciscus*. A comparative study comparing specimens belonging to '*Barbus*' *nigeriensis* (Cyprinidae, Cypriniformes) of the Mono Basin with those originating from the basins of the Volta, the Ogun et the Niger revealed the presence of a new species, described as *Barbus* "Vandewalle", a Volta Basin endemic. An identification key of the different families, genera and species from the Mono Basin is presented.

For the ecological study, two seasonal sampling campaigns were performed (from December to mid-March and from mid-July to mid-September) in 2012 and 2013 using gill nets of different mesh-size (10, 12, 17, 20 et 22 mm knot to knot). Sampling was performed at 10 sampling sites that were located upstream and downstream of the Adjarala Falls (the site of a planned hydroelectric plant, 100 km upstream of that of Nangbéto) and upstream and downstream of the dam at Nangbéto. Seventeen physico-chemical and environmental variables were taken at these sites. The ordination of the sampling sites in relation to their values for the physico-chemical, environmental variables and to their fish assemblages was studied using a non-linear method: the self organising map (SOM). The samples were scattered in four groups in function of their physico-chemical and environmental variables. The distance to the source, height of the canopy, rocks, coverage of the canopy, altitude, gravel, mud, sand, water velocity and dissolved oxygen were the most discriminating factors for the obtained groups. The zone of the Adjarala, where a new dam will be constructed, differs by its rocky substrate, the velocity of the water and the relatively high amount of dissolved oxygen. For the ichthyofauna, the SOM suggest a structuring in three groups.

Our results oppose the tendency to homogeny in the middle course of rivers, which is probably due to the presence of the dam at Nangbéto. A significant correlation was found between the distribution of the species and the physico-chemical and environmental parameters. The distance to the source, altitude, forested river banks, height of the canopy,

velocity of the water, conductivity, transparency and pH were the parameters that explained the distribution of the fish community best. The level of disturbance of the ecosystem, which was studied using the Abundance Biomass Comparison (ABC) showed that the zones at and near the dam at Nangbéto were the most stressed.

A length-weight and length-length key was designed for the first time for the 37 species that were the most abundant in the catches. This was done in order to improve the quality of the fisheries statistics collected by fisheries officers on the scale of the basin. The analysis of the allometric coefficient b of the length-weight relation showed that the majority of the fishes had an allometric growth. The condition factor calculated in order to estimate the amount of flesh on the fish showed that the environment was heavily disturbed.

To conclude, from the results of the study on the impact of the fisheries on targeted species, it became clear that the population of *Sarotherodon melanotheron melanotheron* is over-exploited at Lake Toho. At Lakes Doukon and Togbadji, on the other hand, an under-exploitation of the population of *S. galilaeus galilaeus* was observed. The latter illustrates the possibility of sustainable management even in the presence of intensive fishing pressure. As, in this thesis, several cases of anthropogenic impacts were identified, a regular surveillance programme will be paramount in order to preserve the ichthyological diversity of the Mono River Basin.

Table des matières

<i>Remerciements</i>	i
Liste des abréviations	iii
Résumé	v
Summary.....	vii
Chapitre 1 Introduction générale	1
1.1. Introduction	3
1.2. Ichtyofaune africaine: les provinces ichtyologiques	5
1.3. Aperçu historique de la recherche ichtyologique en Afrique de l'Ouest	6
1.4. Milieu d'étude	7
1.4.1. Localisation.....	7
1.4.2. Réseau hydrographique.....	8
1.4.2.1. Complexe fluvial.....	9
1.4.2.2. Complexe lagunaire de l'Ouest du Bénin	10
1.4.2.3. Complexe lacustre du bas-Mono.....	11
1.4.3. Climat.....	12
1.4.3.1. Température	13
1.4.3.2. Précipitations.....	13
1.4.4. Types de végétation	14
1.4.5. Ichtyofaune	16
1.4.6. Impacts anthropiques	17
1.4.6.1. Barrage	17
1.4.6.2. Régimes hydrologiques	18
1.4.6.3. Principales activités économiques.....	19
Chapitre 2 Matériel et méthodes	25
2.1. Introduction	27
2.2. Inventaire des poissons.....	27
2.2.1. Inventaire des poissons dans les musées.....	27
2.2.2. Inventaire des poissons sur le terrain	27
2.2.2.1. Stations de récolte	27
2.2.2.2. Méthodes d'échantillonnage	29
2.2.2.2.1. Pêches expérimentales	29
2.2.3. Études de cas systématiques	32
2.3. Etude écologique	32
2.3.1. Pêche expérimentale pour des analyses écologiques	32
2.3.2. Mesure des paramètres physico-chimiques et environnementaux.....	33
2.4. Dynamique des populations et taux d'exploitation des espèces	33
2.5. Traitement des données	34
2.5.1. Ré-description des espèces	34
2.5.2. Caractérisation du peuplement.....	34
2.5.2.1. Estimation de la richesse spécifique	34
2.5.2.2. Indice de diversité de Shannon-Weiner	34
2.5.2.3. Indice d'équitabilité de Pielou	35
2.5.2.4. Indices de stress écologique	35
2.5.3. Traitements statistiques.....	37
2.5.3.1. Analyse en Composante Principale.....	37
2.5.3.3. Réseaux de neurones artificiels: Carte auto organisatrice de Kohonen (SOM).....	37
2.5.3.2. Classification hiérarchique	38

2.5.3.4. Identification d'espèces indicatrices: méthode IndVal	38
2.5.3.5. Analyse Factorielle Discriminante	39
2.5.3.6. Tests statistiques.....	39
2.5.4. Dynamique de la population et taux d'exploitation.....	40
Chapitre 3 An updated checklist of the ichthyofauna of the Mono River basin (Benin and Togo: West Africa)	41
3.1. Introduction	43
3.2. Material and Methods.....	44
3.3. Results	47
3.4. Discussion.....	59
3.5. Conclusion.....	63
Chapitre 4 Mise en synonymie de <i>Brycinus luteus</i> (Roman, 1966) avec <i>Brycinus leuciscus</i> (Günther, 1867) (Alestiidae, Characiformes)	65
4.1. Introduction	67
4.2. Matériel et méthodes	68
4.3. Résultats	71
4.4. Discussion.....	81
Chapitre 5 <i>Barbus</i> sp. "Vandewalle", a new species of small barb from the Volta River basin, Africa (Cypriniformes: Cyprinidae)	85
5.1. Introduction	87
5.2. Material and methods	88
5.3. Results	89
5.4. Discussion.....	99
Chapitre 6 Ichtyofaune du bassin du Mono (Bénin et Togo).....	103
6.1. Introduction	105
6.2. Matériel et méthodes	106
6.3. Résultats	106
6.3.1. Clé pratique de détermination des familles.....	106
6.3.2. Description des familles, genres et espèces	109
6.3.2.1. Famille Polypteridae	109
6.3.2.2. Famille Arapamidae	111
6.3.2.3. Famille Notopteridae.....	112
6.3.2.4. Famille Mormyridae.....	113
6.3.2.5. Famille Gymnarchidae	122
6.3.2.6. Famille Elopidae	123
6.3.2.7. Famille Ophichthyidae	124
6.3.2.8. Famille Clupeidae	125
6.3.2.9. Famille Cyprinidae.....	128
6.3.2.10. Famille Distichodontidae	137
6.3.2.11. Famille Alestidae	140
6.3.2.12. Famille Hepsetidae.....	148
6.3.2.13. Famille Amphiliidae.....	149
6.3.2.14. Famille Mochokidae.....	151
6.3.2.15. Famille Malapteruridae	154
6.3.2.16. Famille Clariidae	155
6.3.2.17. Famille Claroteidae	161

6.3.2.18. Famille Ariidae.....	164
6.3.2.19. Famille Schilbeidae	165
6.3.2.20. Famille Mugilidae	169
6.3.2.21. Famille Aplocheilidae	171
6.3.2.22. Famille Poeciliidae.....	173
6.3.2.23. Famille Syngnathidae.....	173
6.3.2.24. Famille Latidae.....	175
6.3.2.25. Famille Serranidae	176
6.3.2.26. Famille Carangidae	177
6.3.2.27. Famille Lutjanidae	179
6.3.2.28. Famille Gerreidae	180
6.3.2.29. Famille Haemulidae	181
6.3.2.30. Famille Polynemidae.....	182
6.3.2.31. Famille Sciaenidae	184
6.3.2.32. Famille Monodactylidae.....	186
6.3.2.33. Famille Drepanidae	187
6.3.2.34. Famille Cichlidae	188
6.3.2.35. Famille Eleotridae	199
6.3.2.36. Famille Gobiidae	201
6.3.2.37. Famille Acanthuridae	205
6.3.2.38. Famille Anabantidae	206
6.3.2.39. Famille Channidae	207
6.3.2.40. Famille Paralichthyidae.....	210
6.3.2.41. Famille Cynoglossidae	211
6.3.2.42. Famille Protopteridae	212
6.4. Discussion.....	223
6.4.1. Richesse spécifique.....	225
6.4.2. Représentation taxonomique.....	226
6.4.3. Composition spécifique	229
6.5. Conclusion.....	231
Chapitre 7 Ecologie des poissons du bassin du Mono.....	233
7.1. Introduction	235
7.2. Matériel et méthodes	236
7.2.1. Origine des données.....	236
7.2.2. Traitement des données	236
7.2.2.1. Caractérisation des eaux	237
7.2.2.2. Structure des communautés de poissons.....	237
7.2.2.3 Espèces indicatrices des assemblages ichtyologiques.....	238
7.2.2.4. Effet du barrage de retenue sur la composition du peuplement.....	239
7.2.2.5. Indice de stress écologique.....	239
7.3. Résultats	239
7.3.1. Caractérisation physico-chimiques et environnementales des stations	239
7.3.1.1. Variations temporelles	239
7.3.1.2. Variations spatiales	241
7.3.1.3. Typologie abiotique des stations.....	241
7.3.2. Structure des communautés de poissons.....	245
7.3.2.1. Biotypologie générale	245
7.3.2.2. Stations écologiques et communautés des poissons.....	251
7.4. Discussion.....	269

7.4.1. Paramètres physico-chimiques et environnementaux	269
7.4.2. Structure du peuplement ichtyologique	269
7.4.3. Espèces indicatrices	270
7.4.4. Indices de diversité de Shannon-Wiener et d'équitabilité de Pielou	271
7.4.5. Indice de stress écologique	271
7.5. Conclusion.....	272
Chapitre 8 Length-weight and length-length relationships and condition factors of 37 fish species from Mono basin (Benin and Togo, West Africa)	275
8.1. Introduction	277
8.2. Material and methods	278
8.3. Results	279
8.4. Discussion.....	279
8.5. Conclusion.....	285
Chapitre 9 Population Parameters and Exploitation rate of <i>Sarotherodon melanotheron melanotheron</i> Rüppell, 1852 (Cichlidae) in Lake Toho, Benin	287
9.1. Introduction	289
9.2. Materials and methods.....	289
9.3. Results	293
9.4. Discussion.....	297
9.5. Conclusion.....	300
Chapitre 10 Population parameters and exploitation rate of <i>Sarotherodon galilaeus galilaeus</i> (Linnaeus, 1758), Cichlidae, in Lakes Doukon and Togbadji (Benin, West-Africa).....	301
10.1. Introduction	303
10.3. Results	306
10.4. Discussion.....	310
10.5. Conclusion.....	313
Chapitre 11 Discussion générale	315
11.1. Diversité des poissons	317
11.1.1. Cas d'étude systématique	317
11.1.2. Richesse spécifique globale du bassin du Mono	318
11.2. Etude écologique	319
11.2.1. Structuration de l'ichtyofaune.....	319
11.2.2. Impacts du barrage.....	321
11.3. Données démographiques des poissons.....	322
Conclusion et perspectives.....	327
Références bibliographiques	333

