

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2020-2021

LE BLACK BASS



<https://www.federation-peche-allier.fr/project/black-bass/>

Sous la direction de Catherine Boisneau

Etudiant : Gauvin Amaya

**LE BLACK BASS : INTRODUCTION,
ACCLIMATATION, USAGES ET MODELE DE SON
IMPACT DE TOP PREDATEUR**

**Directeur de recherche
Catherine Boisneau**

**Auteur
Amaya Gauvin**

Année 2020-2021

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

RESUME

Le milieu aquatique fait partie des écosystèmes les plus envahis (Y. Maezono et al. 2005), ce qui en fait l'écosystème le plus en danger du monde (M. Rodriguez-Rey et al. 2019). Il semble donc important de connaître ces espèces invasives et leurs impacts sur le milieu aquatique. Le Black bass, *Micropterus salmoides*, est l'une des espèces les plus introduites dans le monde (M-J Bae et al. 2018) et il fait partie des 100 espèces les plus invasives (D. A. Z. Garcia et al. 2014). De ce fait, il est primordial de bien analyser cette espèce, afin de pouvoir connaître et quantifier ses impacts sur la biodiversité. Ce travail montre l'évolution de l'introduction du Black bass dans le monde, les impacts qu'il a déjà eu dans les milieux où il a été introduit, et présente différents modèles et méthodes existantes pour tenter de les identifier et les quantifier. L'objectif final étant de pouvoir mettre en place des plans de gestion efficaces pour son élimination ou sa régulation.

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, j'aimerais remercier Mme. Catherine Boisneau pour m'avoir encadrée sur cette réalisation de Projet de Fin d'Etudes. Je souhaite vous remercier pour votre disponibilité et l'aide fournie à la compréhension du sujet et à la recherche de documents pour réaliser l'état de l'art.

Je souhaiterais remercier également Mme. Mathilde Gralepois, M. José Serrano et M. Denis Martouzet pour leurs conseils sur la recherche de documents, la mise en page et la rédaction de ce rapport. Je vous remercie également d'avoir pris le temps de m'éclairer, et de m'avoir partagé vos points de vue sur ce sujet. Cela m'a été d'une grande aide dans l'analyse de ce PFE, de même que dans ma rédaction et ma manière d'y répondre.

J'aimerai également remercier Mme. Pascale Le Halper pour sa disponibilité et son aide dans la recherche des documents nécessaire à l'état de l'art.

SOMMAIRE

Avertissement.....	2
Résumé	4
Remerciements	4
Sommaire	5
Table des figures	6
Table des tableaux	6
Abréviations	7
Introduction	8
1. Méthodologie appliquée à la recherche et au traitement de données	10
1.1. Connaissances initiales	10
1.2. Choisir ses articles	10
1.3. Exploitation des informations	12
1.4. Les difficultés rencontrées	12
2. Présentation du Black bass : introduction et impact	13
2.1. Le Black bass	13
2.2. L'introduction du Black bass	14
2.3. Les impacts du Black bass sur son aire d'introduction.....	17
3. Modélisation de l'impact du Black bass.....	18
3.1. Les différents types de méthodes pour estimer l'impact du Black bass sur les populations aquatiques	18
3.2. Le modèle du lac Kawahara-oike, Nagasaki Japon	20
3.3. Critiques et possibilités d'amélioration des modèles et recherches	22
Conclusion.....	24
Bibliographie.....	25

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Méthodologie appliquée à la recherche d'articles scientifiques pertinents, Gauvin Amaya 2020.....	12
Figure 2: Dessin d'un Black bass (Association Black Bass France, 2013)	13
Figure 3: Photo d'un Black bass (Doris, 2020)	13
Figure 4: Frise Chronologique de l'introduction du Black bass dans le monde, Gauvin Amaya 2020, données CABI	14
Figure 5: Carte de localisation du Black bass en France en 1951 (P. Vivier, 1951).....	16
Figure 6: Carte de localisation du Black bass en France en 2011 (Association Black Bass France, 2013).....	16
Figure 7: Carte de localisation du Black bass en France en 2020 (CABI)	16
Figure 8: Distribution du nombre d'étude en fonction des écorégions (F. W. Pereira et J. R. S. Vitule, 2019)	18
Figure 9: Equations de l'estimation de la biomasse pour le Black bass (1) et le Crapet arlequin (2) avec, pour (1) qui utilise la méthode de Schumacher et Eschmeyer, N la population de poisson estimée, Cd le nombre total de poissons capturé au jour d, Ud le nombre de poisson non marqué capturé au jour d, Rd le nombre de recapture au jour d, Md le nombre de poissons marqués disponible à la recapture au début du jour d, n le total du nombre de jours d'échantillonnage, pour (2) qui utilise l'estimateur de Petersen avec la modification de Chapman, N la population estimée de poisson, M le nombre de poisson capturé, C le nombre total de poissons capturé lors du second échantillonnage et R le nombre de recapture lors du second échantillonnage (Md.M. Hossain et al. 2013).....	21
Figure 10: Formule du taux de production, avec L_{∞} et K les paramètres de croissance de Von Bertalanffy, L_c la longueur minimale du poisson capturé, L la longueur moyenne des poissons capturés (Md.M. Hossain et al. 2013).	21
Figure 11:Equation du taux de consommation, avec W_{∞} le paramètre de Von Bertalanffy de la fonction de la croissance du poids, T est l'expression de la moyenne annuelle de la température de l'eau, A est le rapport d'aspect de la nageoire caudal, h et d sont des paramètres factices où h=1 pour les herbivores et d=1 pour les détritivores (Md.M. Hossain et al. 2013).	21
Figure 12: Equation linéaire du modèle Ecopath, avec B_i la biomasse du groupe fonctionnel i pendant la période d'étude, i allant de 1 à n groupes fonctionnels, $(P/B)_i$ est le ration production-biomasse du groupe i, EE_i est l'efficacité écotrophique du groupe i, Y_i est le taux de pêche du groupe i, B_j est la biomasse du consommateur j, $(Q/B)_j$ est le ration consommation-biomasse du groupe j, et DC_{ji} est la fraction de i trouvé dans l'alimentation de j. (Md.M. Hossain et al. 2013) ..	21
Figure 13: Schéma montrant les flux et les niveaux trophiques entre les groupes fonctionnels et leur intensité, Md.M. Hossain et al. 2013.	22

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Listes des mots clés permettant la sélection des articles, au niveau des titres et des résumés (Gauvin Amaya, 2021)	8
---	---

ABREVIATIONS

°C	Degré Celsius
BU	Bibliothèque universitaire
CABI	Centre for Agricultural Bioscience International
CNRTL	Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales
CTI	Commission des titres d'Ingénieur
	Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la
DORIS	flore Subaquatique
FISK	Fish Invasive Scoring Kit
INPN	Inventaire National du Patrimoine Naturel
IUCN	International Union for Conservation of Nature
PFE	Projet de Fin d'Etude
S	Semestre

INTRODUCTION

La mondialisation a permis les échanges commerciaux à travers le monde, mais également le transport et les échanges d'espèces à travers le monde. Mais l'introduction de ces nouvelles espèces n'est pas sans conséquences pour le milieu qui les accueille. Et cela est particulièrement vrai pour les milieux aquatiques, qui sont les écosystèmes accueillant le plus d'espèces introduites, devenues invasives (Y. Maezono et al. 2005). Une espèce peut devenir invasive, d'abord si elle a été introduite dans un milieu qui n'est pas dans son aire d'origine, et après avoir eu une période d'acclimatation, elle cause des dégâts au niveau des populations ou de l'environnement de ce nouveau milieu.

Le terme introduction est important à définir. L'introduction vient du latin *Introductio*, il peut être défini comme l'« *action de faire entrer une personne ou un animal en un lieu* » (cnrtl, 2020), mais il s'agit d'une définition globale. Dans le cadre de notre étude il s'agit de faire entrer un animal dans un lieu différent de son aire d'origine.

Après l'introduction d'un animal ou d'une plante, il lui faut un temps d'acclimatation. Cela permet à une espèce, une « *Forme d'adaptation à un environnement donné. On parle d'acclimatation lorsqu'une population d'organismes s'ajuste aux changements de son environnement. On parle également d'acclimatation pour désigner toute adaptation à des changements sur le long terme découlant de l'action humaine.* » (dico écolo, 2020). Il s'agit donc de l'adaptation dans son nouveau lieu d'introduction, cela demande un temps plus ou moins long en fonction des espèces et de la localisation.

Une espèce introduite, si elle est introduite volontairement, l'est pour certains usages. Les usages correspondent à la « *Destination, fonction de quelque chose, emploi qu'on peut en faire* » (Larousse). C'est-à-dire qu'une fonction, un rôle va être attribué à cette espèce ; elle sera ainsi d'une certaine utilité pour l'homme.

Les poissons font partis des espèces les plus introduites dans le monde, par leur intérêt gustatif et commercial, mais également pour la pêche sportive, les études scientifiques, le contrôle d'autres espèces indésirables ou encore à but récréationnel dans les aquariums (Md. M. Hossain et al. 2013). L'importance de ces introductions, qui pour la plupart, sont devenues des invasions, est telle que plus d'un quart de la faune d'eau douce est éteinte ou en danger d'extinction, ce qui fait du milieu aquatique le plus alarmant (M. Rodriguez-Rey et al. 2019). Il est donc urgent de bien connaître ces espèces qui mettent en péril la biodiversité des écosystèmes d'eau douce, afin d'apporter une meilleure gestion dans la protection des espèces en danger.

Le Black bass, *Micropterus salmoides*, est l'une de ces espèces qui mettent en péril les milieux aquatiques. C'est pourquoi le sujet de ce Projet de Fin d'Etude se porte sur « Le Black bass : Introduction, acclimatation, usages et modèle de son impact de top prédateur ». Ce sujet peut être décomposé en deux parties. Dans un premier temps l'introduction du Black bass, son acclimatation et ses usages dans le temps, en Europe et dans d'autres régions du globe Puis une partie plus centrée sur les modèles et approches montrant son impact de super prédateur / top prédateur sur les espèces locales.

Afin de mieux comprendre le sens et les enjeux de ce projet, il faut définir les termes contenus dans les deux parties. Tout d'abord, l'élément central de ce projet le Black bass, *Micropterus salmoides*, est un poisson originaire d'Amérique du Nord, plus précisément du Canada et du Nord

des Etats-Unis, encore appelé Achigan à grande bouche. Dans certaines littératures, *Micropterus dolomieu* ou Achigan à petite bouche est parfois appelé Black bass, cependant cette espèce est la moins représentée, surtout en France et en Europe. C'est pourquoi seul *Micropterus salmoides* est présenté ici. L'espèce sera présentée plus en détails par la suite.

Le Black bass est défini comme un super/top prédateur. Il s'agit d'un prédateur, qui une fois à l'âge adulte se trouve au sommet de la chaîne alimentaire, et n'est alors la proie d'aucune autre espèce animale. « *Il a un rôle crucial dans le maintien de la santé des écosystèmes, en supprimant des animaux-proies.* » (Aquaportail). Un super prédateur a donc un impact important sur son environnement, et son absence ou présence peut être déterminante pour un milieu.

Le dernier terme est celui de modèle, dans le sens scientifique du terme. D'après le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, la définition qui correspondrait le mieux est, un « *Système physique, mathématique ou logique représentant les structures essentielles d'une réalité et capable à son niveau d'en expliquer ou d'en reproduire dynamiquement le fonctionnement* » (cnrtl, Birou, 1966), ou d'après Universalis, la « *représentation d'un phénomène à l'aide d'un système qui possède des propriétés analogues à ce phénomène* » (Universalis). Il faudra analyser et créer un système essayant de représenter et d'expliquer une partie de l'influence et de l'action de super prédateur du black bass sur son environnement.

Ces études, d'après les modèles, permettraient d'observer l'impact du Black bass. Il s'agit de « *l'effet de quelque chose, spécialement nouveau, sur une situation ou une personne* » (Cambridge Dictionary), donc de voir l'influence et les conséquences de sa présence sur les autres espèces ainsi que sur son environnement, d'un point de vue général.

Les différents termes composant le sujet ayant été définis, il s'agit à présent de leur donner un sens en regroupant ces termes et d'en déduire une problématique et des hypothèses. Le sujet se décomposant en deux parties, chacune aura ses problématiques et hypothèses de définies.

Dans la première partie, il faudra déterminer la période et la manière dont le Black bass a été introduit en France et dans divers pays du monde, mais également essayer de définir comment et pourquoi ils ont réussi à s'implanter et à s'acclimater dans certaines zones. Mais leur acclimatation a également des conséquences sur le milieu dans lequel ils ont été introduits, il faudra alors définir les impacts qu'a eu cette introduction.

En nous basant sur les connaissances personnelles, des hypothèses ont été posées.

- On suppose que l'introduction est due majoritairement aux pêcheurs, qui souhaitaient se mesurer aux Black bass connu pour sa combativité. Mais également dû au fait qu'il est un prédateur du poisson chat, qui est une espèce nuisible en Europe.
- On suppose que si le Black bass a réussi à bien s'acclimater dans son aire d'invasion, c'est parce qu'il possède une forte amplitude écologique. Si cela s'avère juste, il faudra alors déterminer les paramètres écologiques possédant les plus grandes variances.

Dans la deuxième partie, il sera nécessaire de déterminer l'impact de super prédateur du Black bass, à travers des modèles et des approches sur son impact sur les espèces locales, ce qui pourrait permettre plus tard de voir si un milieu pourra supporter son introduction. Pour cela il faut sélectionner des paramètres pertinents afin d'obtenir un modèle représentant le plus fidèlement possible son impact sur le milieu. Une fois ces objectifs déterminés, les problématiques suivantes ont pu être posées :

Pouvons-nous dire que le Black bass a un fort impact de super prédateur dans son aire d'introduction ? Est-il possible de représenter l'impact de ce super prédateur de manière pertinente ?

Le rapport se décomposera en trois parties. Dans un premier temps, la démarche méthodologique utilisée au cours de ce projet, va être définie. Puis les caractéristiques, l'introduction et les impacts du Black bass vont être exposés. Pour finir, une analyse sera menée, portant sur la définition d'un modèle ainsi que les différentes méthodes permettant de quantifier l'impact du Black bass sur les espèces locales, selon divers paramètres à définir.

1. Méthodologie appliquée à la recherche et au traitement de données

Avant de commencer la moindre recherche, il est nécessaire de définir les connaissances déjà possédées sur le sujet et la démarche à suivre tout au long des recherches. Cela va de la méthode de mise en place et des sites choisis pour trouver les articles scientifiques sur lesquels se baser, jusqu'à la manière de les exploiter et d'en tirer des informations. Il s'agit de ce qu'il va être expliqué dans cette partie, ainsi que les difficultés rencontrées au cours de sa réalisation.

1.1. Connaissances initiales

La sélection d'un sujet de PFE se fait à partir de nos centres d'intérêts, de choses qui nous intriguent ou bien encore sur la base de connaissances déjà possédée. Il est rare de choisir un sujet sans en comprendre un mot et sans déjà avoir un apriori sur au moins une partie de son intitulé.

Pour ma part, le sujet que j'ai choisi est : « Le Black bass : Introduction, acclimatation, usages et modèle de son impact de top prédateur ». Mes connaissances sur ce sujet n'étant pas optimales, je savais néanmoins qu'il s'agissait d'un poisson d'eau douce carnassier et qu'il faisait partie des espèces introduites en France. Qu'il s'agissait d'une espèce invasive responsable de nombreux impacts négatifs sur la biodiversité française. Je ne connaissais rien de son introduction et les mécanismes de son acclimatation m'étaient étrangers. Je pensais qu'il avait été importé, comme beaucoup d'espèces, par des aquariophiles et qu'il n'avait pas vraiment un usage pour l'homme. A ce moment-là, je pensais qu'il s'agissait d'une espèce dangereuse pour la biodiversité et qu'il fallait faire son possible pour ne plus la retrouver dans les eaux françaises. Cependant pour la partie top prédateur, je savais qu'il s'agissait d'une espèce qui, une fois à l'âge adulte, se trouvait tout en haut de la chaîne alimentaire sans aucun prédateur, et qu'il avait une forte influence sur les populations du reste de la chaîne alimentaire.

Voici les connaissances et les aprioris avec lesquels je suis partie à la recherche de documents pouvant m'éclairer davantage sur les termes du sujet, et m'apporter des réponses sur la situation réelle en France et dans le reste du monde. Mais la mise en place d'une méthode efficace de recherche est primordiale, afin de ne pas se perdre dans la quantité importante de document scientifique.

1.2. Choisir ses articles

Il existe un grand nombre de documents scientifiques publiés, accessibles gratuitement ou non, mais parmi tout cela, nombreux sont ceux qui ne sont pas pertinents, il faut donc réussir à faire un tri pour être le plus efficace possible.

Tout d'abord il faut choisir le moteur de recherche ou la base de données à utiliser pour effectuer les recherches d'articles. Ces moteurs de recherche et bases de données sont nombreux,

comme le CatalogPlus de la Bibliothèque Universitaire (BU) de Tours, google scholar, cairn.info, ... Il a été choisi d'utiliser le catalogue de la BU car grâce à la connexion à la plateforme certains documents sont alors accessibles grâce à des conventions, partenariats et adhésions de l'Université de Tours. Une fois le moteur de recherche choisi, il a fallu déterminer quels étaient les termes importants à utiliser. Ils ont été choisis à partir de l'analyse du sujet et de son intitulé. Une fois une recherche lancée, le nombre de correspondance était souvent très important, il a fallu ajouter d'autres critères dans la partie « Préciser par ». Le critère qui ne changeait jamais pour toutes les recherches étaient la disponibilité en ligne. Pour les autres cela dépendait de la recherche effectuée par les critères concernés comme le sujet ou l'indicateur géographique. Un extrait des démarches pour les recherches a été rentré dans le tableau en Annexe 1. Dans ce tableau, se trouve d'abord l'intitulé de la recherche et son nombre de résultats, suivis des critères ajoutés et le nombre de résultat ainsi obtenus par l'ordinateur lors de la recherche en ligne.

Il faut alors sélectionner premièrement en fonction de leur titre, puis également en fonction de leur résumé. Certains mots clés en français ou en anglais, sont tout d'abord important à trouver dans les titres (tableau 1). Ces articles sont alors ouverts dans un autre onglet, puis vient la sélection par lecture du résumé à l'aide d'autres (tableau 1).

Tableau 1 : Listes des mots clés permettant la sélection des articles, au niveau des titres et des résumés (Gauvin Amaya, 2021)

Période de sélection par mots clés	Mots clés (Français et anglais)
Sélection dans les titres	Black bass, <i>Micropterus salmoides</i> , Largemouth bass, introduction, acclimatation, population, spread, extent, invasion, historical, predator, non-native species, modeling, impact, predator-prey, dynamics, influencing/influence, prey, interactions, model, distribution, predict, evaluate, effects, top predator, ecosystem, trophic position, ...
Sélection dans les résumés	Black bass, <i>Micropterus salmoides</i> , Largemouth bass, impacts of top predator, realistic model, effects, behavioural changes, mechanisms, success of exotic species, impact communities, invasive species, intraguild interactions, introduction, introduced, habitat, niche models, predicted distribution, environmental variables, impact on native, distribution of species, threat to local biodiversity, management measures, keystone predators, densities and diversity, severe habitat loss, predatory, energetics models, predictive model, algorithms, distribution, non-native species, biodiversity conservation, biological invasion, impact, environmental factors, selection, consequences, direct and indirect effects, ...

Si la lecture du résumé est concluante, c'est-à-dire qu'un certains nombres de mots clés sont repérés et que le sujet du document semble intéressant pour répondre à la problématique, alors l'article est téléchargé pour ensuite pouvoir être lu et en sortir les principales informations. La dernière étape consiste donc à lire l'article pour déterminer s'il contient bien des informations qui permettent de répondre ou de mettre en lumière des éléments intéressants pour le sujet de PFE. C'est-à-dire que les concepts définis dans l'article permettent d'avancer dans la recherche d'information sur l'introduction du Black bass, les milieux favorables à son implantation et surtout des modèles mathématiques, informatiques ou encore énergétiques, qui composent le sujet étudié (figure 1).

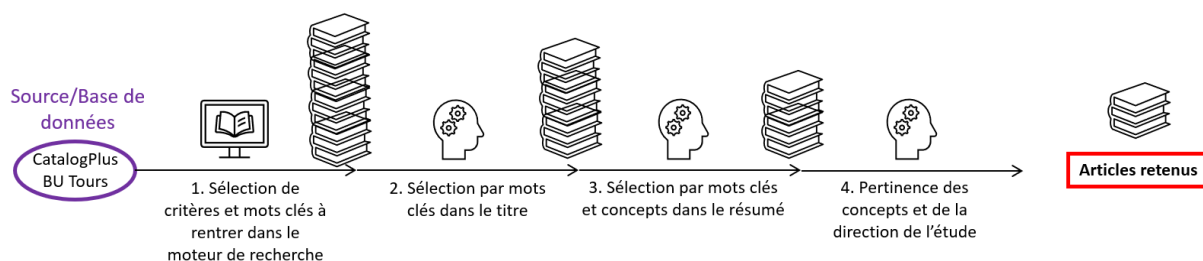


Figure 1: Méthodologie appliquée à la recherche d'articles scientifiques pertinents, Gauvin Amaya 2020

Cependant tous les articles ne proviennent pas de la recherche sur un moteur de recherche. Certains proviennent de la bibliographie d'articles ou de livres, et sont résumés dans un tableau similaire à la sélection des articles en ligne. Les recherches dans une bibliographie vont donc commencer à l'étape des mots clés dans le titre et s'ils semblent intéressants, l'article est alors cherché sur internet pour suivre les mêmes étapes que les articles trouvés à partir des moteurs de recherches, jusqu'à la lecture de l'article.

La première lecture de l'article sert uniquement pour déterminer sa pertinence. Les lectures suivantes vont servir à relever les informations importantes et à les exploiter.

1.3. Exploitation des informations

Pour pouvoir exploiter les informations contenues dans les articles, il faut d'abord les repérer. La méthode appliquée pour cette partie est de relire avec attention les articles avec un document pour prendre des notes sur le côté. Au fur et à mesure de la lecture, les éléments répondant aux problématiques sont notés sur un tableau de sélection des articles. Une fois tous les documents lus, il s'agit de relire les notes afin de surligner les informations qui vont nous servir à répondre au sujet de PFE, afin de parvenir à les retrouver le plus rapidement possible.

La suite se déroule une fois le plan déterminé. Les éléments précédemment relevés sont alors répartis dans le plan à l'endroit le plus pertinent pour les révéler tout en prenant garde à éviter les répétitions. Si une partie des éléments récoltés est plus facile à mettre en valeur sous forme de figure ou de tableau, ils sont créés à ce moment-là.

Une fois tout cela réalisé il faut créer du lien entre ces informations et rédiger les différentes parties afin de répondre aux problématiques. La rédaction est alors suivie d'une ou plusieurs relectures, tout en vérifiant si des données prises en notes n'ont pas été oubliées. Malgré une démarche qui semble peu complexe des difficultés sont pourtant apparues.

1.4. Les difficultés rencontrées

L'une des difficultés des recherches a été l'utilisation du terme Black bass à travers les différents articles du monde. En France et souvent en Europe, le Black bass désigne *Micropterus salmoides* et parfois *Micropterus dolomieu*. Mais en Amérique du nord, du sud et en Afrique, le terme Black bass désigne tout le genre *Micropterus*, donc il fallait bien déterminer quelle espèce était concernée par l'article. Le nom alors utilisé pour *Micropterus salmoides* était Largemouth bass. De plus les articles sur le cas Français étaient assez rares et peu détaillés sur son installation et sur son acclimatation. Heureusement cela était disponible pour d'autres pays du monde dont certains pouvaient être transposés à la France. La recherche de modèle montrant l'impact du Black bass a également mis en évidence plusieurs difficultés. L'impact du Black bass a souvent été démontré en réalisant des expériences sur le terrain ou en réalisant une comparaison avant-après de l'état des populations des différentes espèces. En revanche, il existe de nombreux modèles sur d'autres espèces et ce sont ces modèles qui apparaissaient en premier au cours des recherches. Mais finalement un modèle sur

l'impact du Black bass sur les populations a été trouvé, ainsi que diverses observations et expériences qui montrent les différents paramètres influant sur l'intensité de l'impact du Black bass sur les autres espèces.

Pour la partie plus méthodologique, la difficulté principale a été le temps, car il faut un certain nombre d'heures pour pouvoir lire 2 à 3 fois chaque article qui sont pour la plupart en Anglais. Mais cela a tout de même pu être réalisé.

Maintenant que la méthodologie sur la recherche des articles et leur emploi a été réalisé, les premières réponses aux questions provenant du projet, vont pouvoir être présentées.

2. Présentation du Black bass : introduction et impact

L'élément central du PFE est le Black bass, il est donc important de connaître ses caractéristiques, son histoire et son impact. C'est ce qui va être abordé dans cette deuxième partie.

2.1. Le Black bass

Micropterus salmoides, est un poisson originaire d'Amérique du Nord. Il est appelé aussi Largemouth bass en anglais et l'Achigan à grande bouche en français. Il appartient à la famille des Centrarchidées (Doris, 2020).

Le Black bass est un poisson assez grand, il peut mesurer jusqu'à 60cm en France (Doris, 2020), avec une forte tête et une large bouche (figures 2 et 3). Il est caractérisé notamment par ses deux nageoires dorsales qui ne sont pas totalement séparées, mais également par une bande latérale noire assez large, qui longe son corps à partir de l'opercule.

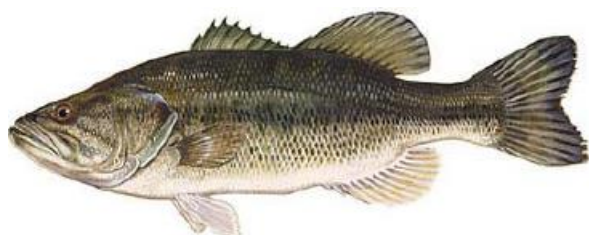


Figure 2: Dessin d'un Black bass (Association Black Bass France, 2013)



Figure 3: Photo d'un Black bass (Doris, 2020)

Il s'agit d'une espèce introduite en France (INPN, 2020), elle est considérée comme envahissante dans certains pays d'Europe et du monde (Espagne, Afrique du sud, Amérique du sud...), mais est classée en préoccupation mineure sur la liste rouge mondiale de l'IUCN (IUCN red list). Il se nourrit essentiellement de petits poissons, dont *Ameirus melas* (Doris, 2020), le poisson chat, d'invertébrés larves et adultes, de petits mammifères, d'amphibiens, de reptiles et il peut même avoir recours au cannibalisme. Son alimentation varie en fonction de la disponibilité du milieu et de sa croissance (T.G. Brown et al. 2009). Ainsi les juvéniles se nourriront plutôt de petits invertébrés. Puis il existe une phase de transition avant d'atteindre l'âge adulte, où il se nourrit de petits poissons, surtout des Cottidae, et des crustacées. Une fois adulte, il se nourrit majoritairement de poissons de tailles moyennes, d'écrevisses et d'amphibiens. Le Black bass à l'âge adulte ne possède pas vraiment de prédateur, mais les juvéniles et les œufs sont prédatés par la perche, le poisson chat, l'anguille ou le meunier à tête carrée (S.T. Tisdale, 1871). Il peut vivre jusqu'à 15 ans avec des conditions

climatiques optimales et peut atteindre les 90 cm (Doris, 2020) quand la température optimale de croissance, environ 28°C, est atteinte (F. Diaz et al. 2007).

Il se retrouve principalement dans les lacs, les rivières à faible courant, il aime les eaux chaudes du rejet des centrales électriques et des industries. Il est particulièrement apprécié par les pêcheurs pour son côté combattant et sportif. Il est très régulièrement utilisé lors de tournois de pêche (A.T. Taylor et al. 2019), et dans la nourriture pour poissons (R. M. McDowall, 1968) et comme prédateur de certaines espèces invasives comme le poisson chat, *Ameiurus melas* quand il est encore de petite taille (A.T. Taylor et al. 2019).

2.2. L'introduction du Black bass

2.2.1. Dans le monde

Le Black bass est même reconnu comme l'une des 10 espèces les plus introduites dans le monde (M-J Bae et al. 2018) et parmi les 100 espèces les plus invasives (D. A. Z. Garcia et al. 2015). Ainsi il a été introduit sur tous les continents sauf l'Antarctique (M-J Bae et al. 2018), dans environs 70 pays et dans les 50 états des Etats-Unis (CABI). Son introduction a commencé à la fin du 19^{ème} siècle et se poursuit toujours (figure 4).

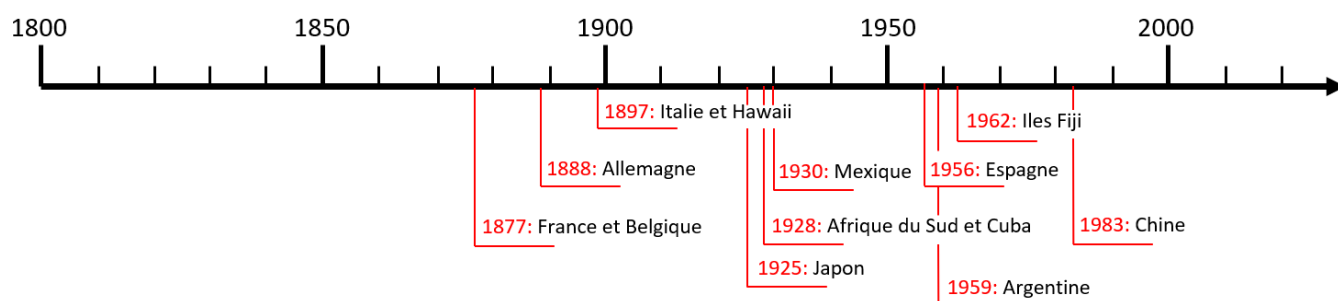


Figure 4: Frise Chronologique de l'introduction du Black bass dans le monde, Gauvin Amaya 2020, données CABI

Comme lisible sur la frise, il a d'abord été introduit en Europe majoritairement pour des raisons de pêches sportives mais également pour l'aquaculture (CABI). En effet le Black bass est un poisson reconnu pour être combattant lors de la pêche mais avec une chair assez savoureuse. Il est également introduit pour réguler certaines espèces invasives comme le poisson-chat, *Ameiurus melas* (Doris, 2020). Son introduction a donc été réalisé volontairement par l'homme pour diverses raisons, soit à travers des associations de pêche soit par le gouvernement lui-même (D. Khosa et al. 2019). Il reste cependant quelques cas liés à des fuites dans des zones d'aquaculture.

Le Black bass est acclimaté dans de nombreux pays, comme en Afrique du Sud ou encore en Espagne. C'est d'ailleurs dans ces deux régions que des études ont été réalisées afin de comprendre leur acclimatation. Elle est possible dans un grand nombre de pays grâce à sa grande amplitude thermique ainsi que sa capacité à se nourrir de proies multiples. Son amplitude thermique va de 0 à 30°C, mais en dessous de 10°C il devient léthargique (R.M. McDowall, 1968), et son préférendum est entre 27,5°C et 30 °C (F. Diaz et al. 2007). Cette grande amplitude lui permet de tolérer de nombreux milieux même s'il a une préférence pour les milieux chauds à tendance plutôt lentique (M-J Bae et al. 2018), où il aura une taille plus conséquente. Plusieurs études (R.M. McDowall, 1968 ; D. A. Jackson, 2002 ; E. Garcia-Berthou, 2002 ; F.N. Godinho, 1997) ont montré qu'il est un poisson opportuniste qui va pouvoir s'adapter à son milieu à travers son alimentation. Ainsi si sa ressource préférée, les petits Cyprinidés, n'est pas disponible il va se contenter de macro-invertébrées, comme les écrevisses, d'autres poissons ou encore de petits amphibiens (D. A. Z. Garcia et al. 2014 ; R.M.

McDowall, 1968). Bien que grâce à sa grande amplitude écologique, le Black bass semble une espèce qui s'introduit facilement et rapidement, cela n'est pas forcément le cas pour son acclimatation. En effet, il peut également rencontrer des espèces qui n'étaient pas présentes dans son aire d'origine et qui ont une forte pression de prédation sur les alevins (S. T. Tisdale, 1871 ; D. Khosa et al. 2019), ce qui implique une forte concurrence qui peut le mettre en difficulté.

Son introduction et son acclimatation étant importante, il est donc classé régulièrement comme espèce acclimatée et son impact sur les milieux est parfois si important qu'il peut être classé en espèce invasive. Les différents pays cherchent à classer son niveau d'invasion, notamment avec le FISK (The Fish Invasiveness Scoring Kit), où il a une note de 3,8 en Espagne (D. Almeida et al. 2013) ce qui en fait une espèce à haut risque, ou le Water Management Areas de 21/22 (D. Khosa et al. 2019) qui en fait une espèce à forte tendance invasive.

Cependant après les premières années où l'introduction du Black bass était seulement positive et favorable, notamment au développement économique grâce à la pêche (D. Khosa et al. 2019 ; D. A. Z. Garcia et al. 2014), il est apparu qu'il pouvait avoir des conséquences néfastes sur la biodiversité (D. Khosa et al. 2019). C'est le point qui sera abordé après nous être penché plus précisément sur le cas de la France.

2.2.2. En France

Le Black bass a été introduit en France en 1877, notamment par la Société Nationale d'Acclimatation qui parle de l'intérêt d'introduire de nouvelles espèces en France (P. Keith & J. Allardi, 1997). À la suite de cette intervention, c'est près de 27 espèces qui seront introduites, dont le Black bass majoritairement pour le loisir ou la compétition de pêche. D'abord introduit en eaux closes car préférant les milieux lenticules mais également pour éviter sa propagation. Malgré la mise en garde du danger que pourrait représenter le Black bass en eau libre (P. Vivier, 1951), les Sociétés de pêche le répandent en eaux libres au début du 20^{ème} siècle. A partir de ce moment, il va se disperser et s'acclimater avec le temps à tous les bassins hydrographiques de France (figures 5, 6 et 7).

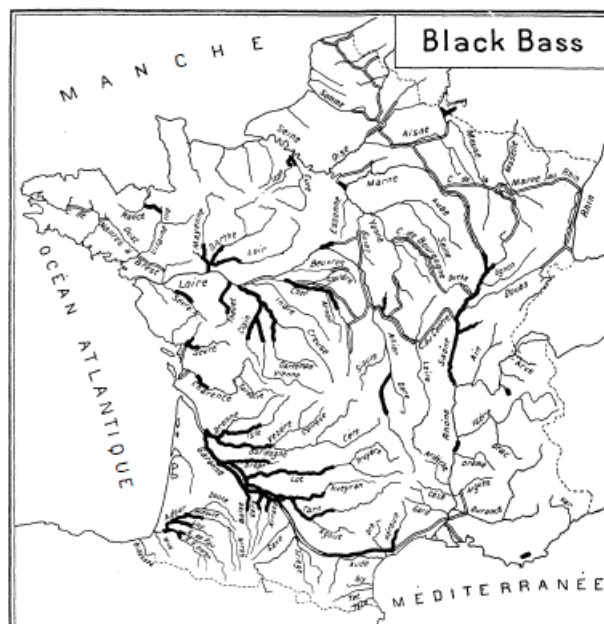


Figure 5: Carte de localisation du Black bass en France en 1951 (P. Vivier, 1951)

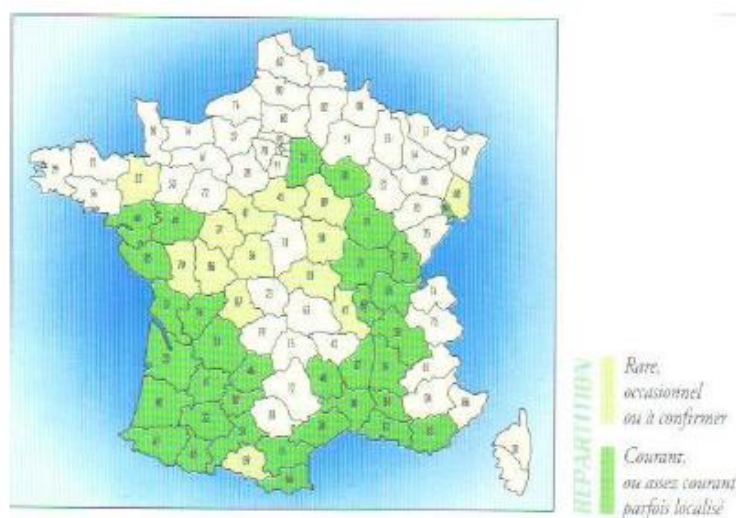


Figure 6: Carte de localisation du Black bass en France en 2011 (Association Black Bass France, 2013)



Figure 7: Carte de localisation du Black bass en France en 2020 (CABI)

Il s'agit donc d'une espèce largement acclimatée (P. Keith & J. Allardi, 1997) et en extension sur le territoire français, si bien que certaines sources le définissent comme espèce invasive (CABI).

Son acclimatation en France a été très peu étudiée même s'il semble qu'elle ait été difficile au début avec nécessité, à certains endroits, de refaire des tentatives d'alevinage (P. Vivier, 1951). Les conditions de cette acclimatation plutôt lente ne sont pas connues mais en interpolant ce qui a été étudié en Espagne et en Italie, il est possible de déduire quelques idées. Il est possible de penser qu'au début de son acclimatation bon nombre de nos espèces piscicoles piscivores n'étaient pas en danger et étaient présentes en plus grand nombre ce qui a pu entraîner une compétition compliquée pour le Black bass. Il est également possible que les températures annuelles n'étaient pas les plus adaptées à cette espèce (F. Diaz et al. 2007) et que cela a donc rendu difficile son acclimatation.

Ainsi les raisons de l'introduction du Black bass varient peu malgré le grand nombre de pays dans lesquels il a été introduit. Le nombre d'introduction est cependant en baisse depuis les années

80-90, car l'introduction d'une espèce n'est pas anodine et comme nous avons pu le voir avec le Black bass, il y a de nombreux impacts négatifs.

2.3. Les impacts du Black bass sur son aire d'introduction

L'introduction d'une nouvelle espèce dans un milieu a toujours eu des impacts positifs ou négatifs sur celui-ci. Dans le cas du Black bass, les impacts sont plutôt négatifs avec notamment une baisse de la biodiversité et le déclin voire la disparition de certaines espèces (R.M. McDowall, 1968 ; D. Khosa et al. 2019) par sa position de top-prédateur dans les milieux où il est introduit. Sa grande voracité peut diminuer le nombre d'espèces présentes dans le milieu par une forte prédation et cela entraînera une pression de sélection qui homogénéise les populations (D. A. Jackson, 2002). Sa place, en haut de la chaîne alimentaire, en fait un poisson peu prédaté mais qui a une grande influence sur ses proies. Il existe également des impacts indirects découlant de cette forte prédation. Il va notamment y avoir une augmentation de la compétition inter et intra spécifique des poissons de petites tailles, une diminution de la croissance, de la reproduction et de la taille de la population de ces espèces fortement prédatées (D. A. Jackson, 2002). Par sa seule présence la Black bass va donc impliquer un changement du réseau trophique et de la structure des communautés (M-J Bae et al. 2018).

Mais la prédation n'est pas le seul mécanisme en jeu, il y a également une forte compétition pour les ressources qui peuvent mettre en péril certaines espèces piscicoles plus grandes qui n'ont par une grande amplitude alimentaire et qui vont être forcées de changer de régime alimentaire (D. A. Jackson, 2002) ou de zone d'alimentation. Ainsi le Black bass va rentrer notamment en compétition avec le sandre, *Sander lucioperca* (P. Keith & J. Allardi, 1997). Certaines populations de petits poissons (comme les vairons) vont même chercher à changer d'habitat afin de ne plus être sous l'influence du Black bass (D. A. Jackson, 2002). Ces modifications dans la structure des populations peuvent entraîner des modifications du milieu comme la diminution de la turbidité de l'eau (D. A. Jackson, 2002), car cela a également entraîné une modification de la taille de certains zooplanctons, qui sont alors plus petits. Il est également possible que son impact sur les populations piscicoles entraîne une augmentation de la végétation.

Cette forte prédation combinée à la compétition peut régulièrement conduire à la disparition ou à la mise en danger de certaines espèces, et cela peu importe sa zone d'introduction. Il peut aussi bien s'agir de poissons que d'espèces aquatiques : *Sandelia capensis* et des espèces cyprinicoles endémiques de Cuba (R. M. McDowall, 1968) et du de Cape Fold (D. Khosa et al. 2019), des petits poissons et l'axolotl introduit en Afrique du Sud (R. M. McDowall, 1968), beaucoup de Cyprinidés aux Etats Unis (CABI), ...

Tous les impacts cités ci-dessus sont plus importants si le milieu d'introduction est à fort endémisme et si des espèces sont déjà en périls (J. S. Hargrove et al. 2017). Tandis que si le milieu est un habitat complexe les impacts de son introduction seront plus nuancés (D. A. Jackson, 2002). Une autre manière pour que les conséquences soient moins fortes sur le milieu d'origine c'est d'introduire en même temps que le Black bass, des poissons du genre *Lepomis* afin de lui fournir une proie en quantité suffisante.

Cependant le Black bass peut avoir un impact positif dans les milieux où il est introduit : celui de la régulation d'autres espèces invasives. En effet le Black bass se nourrissant de petits poissons chats, *Ameiurus melas*, et d'écrevisses envahissantes (R. M. McDowall, 1968), il peut être utilisé dans le contrôle de ses deux organismes indésirables.

Les impacts du Black bass sur son environnement sont nombreux et majoritairement négatifs. Cependant le réel impact qu'il va avoir dans un milieu, n'est pas connu au moment de son introduction. Il serait donc intéressant de connaître, notamment pour des questions de gestion, les possibles impacts que le Black bass aurait sur le long terme dans un milieu où il a été introduit.

3. Modélisation de l'impact du Black bass

3.1. Les différents types de méthodes pour estimer l'impact du Black bass sur les populations aquatiques

Le Black bass étant l'une des espèces les plus introduites, de nombreuses études se sont penchées sur la démonstration de l'impact de ce super prédateur dans son nouvel environnement. En 2019, un article (F. W. Pereira & J. R. S. Vitule, 2019) rassemble et fait le point de toutes les études menées, sur l'introduction et l'impact du Black bass. A partir des 117 articles retenus, ils ont pu modéliser le nombre d'étude par écorégions (figure 8), ce qui confirme le peu d'étude réalisée en France, même si seuls les articles en anglais et en portugais ont été pris en compte. Cet article met en évidence que la méthode la plus utilisée pour l'étude de l'impact de cette espèce, à savoir l'observation de terrain, avec un échantillonnage permettant de connaître l'abondance, la richesse et la distribution des populations. La deuxième méthode est la recherche théorique avec les modélisations, l'analyse de données provenant du terrain, de musée ou des pêcheurs et habitants de la zone en question. Les études sous forme d'expérience en laboratoire et de méthode expérimentale de terrain sont les moins utilisées dans les articles recensés. La quantification de l'impact du Black bass va donc être plus ou moins importante en fonction de la méthode utilisée, par exemple elle sera plus importante pour les recherches théoriques et les expériences en laboratoire ou sur le terrain. Le degré de quantification va également dépendre du niveau d'organisation biologique étudié. Il a été défini 5 groupes d'organisation biologique (F. W. Pereira et J. R. S. Vitule, 2019) : le niveau génétique, le niveau individuel, le niveau populationnel, le niveau communautaire et le niveau de l'écosystème. Les niveaux les moins utilisés pour étudier l'impact du Black bass, sont le niveau de l'écosystème et individuel. Tandis que le niveau populationnel et de la communauté sont le plus souvent choisis pour réaliser les études. Le niveau génétique est un peu particulier car il concerne principalement l'hybridation du Black bass et du Bass de Floride quand ils sont dans le même écosystème. Cependant l'étude de ses impacts et leur quantification, se réalisent aussi bien sur des populations piscicoles que d'invertébrés ou de zooplancton.

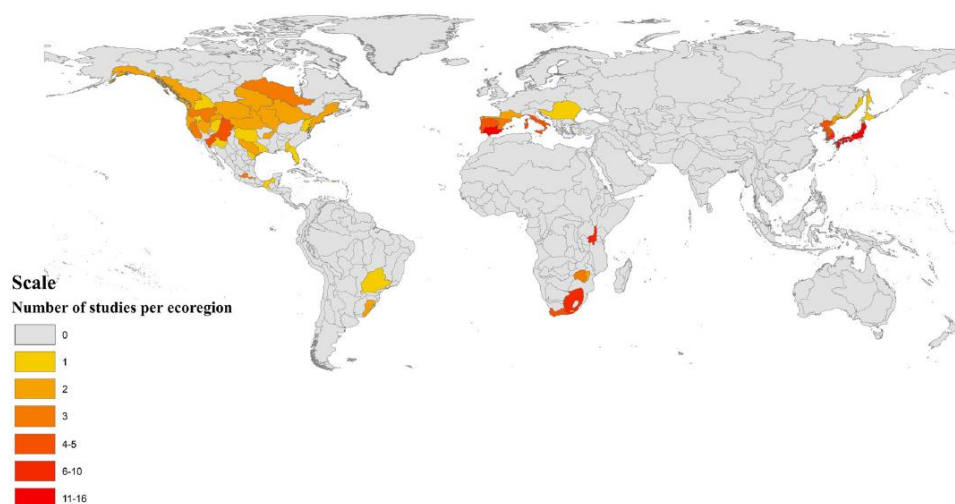


Figure 8: Distribution du nombre d'étude en fonction des écorégions (F. W. Pereira et J. R. S. Vitule, 2019)

Les études les plus courantes sont donc basées sur l'observation de terrain, mais elles sont souvent complétées par une étude théorique ou par une partie expérimentale. Au Japon, une étude (K. Takamura, 2007) s'est basée sur la comparaison de l'abondance des espèces piscicoles et d'invertébrés, dans des mares avec la présence ou non de Black bass. Ils ont également regardé quelques facteurs environnementaux afin de déterminer lesquels diminuent les performances de prédation du Black bass. Leurs résultats montrent que la présence du Black bass diminue fortement l'abondance de vairons, de gobies, de crevettes et l'écrevisse de Louisiane, qui est envahissante. Mais si le Crapet arlequin est également présent, la pression sur ces espèces est moins importante, car le Black bass a une proie supplémentaire. Les facteurs environnementaux mesurés indiquent que la prédation du Black bass est moins importante quand l'intensité lumineuse et la clarté de l'eau sont faibles. La taille de la bouche du Black bass par rapport à la taille des proies présentes est également une variable importante à prendre en compte pour eux, ainsi que le comportement envers un habitat refuge des proies. Plus elles auront la possibilité de se cacher, moins la pression qu'elles subiront par la prédation du Black bass sera importante. Cette étude (K. Takamura, 2007) se basant sur des données de terrain apporte peu de quantification de l'impact du Black bass, elle permet uniquement de déterminer une diminution moyenne de l'abondance des espèces, en fonction de la présence du Black bass.

Une autre méthode régulièrement utilisée est l'étude du réseau trophique et de la chaîne alimentaire. Notamment à travers l'étude de contenus stomachaux (F. N. Godinho et al. 1997) ou des isotopes stables du carbone et de l'azote (N. Yasuno et al. 2016 ; B. Choi et al. 2020). L'étude des isotopes permet de connaître le régime alimentaire d'une espèce sur le long terme, contrairement au contenu stomachal qui correspond à une période précise. L'étude des isotopes sur différentes classes de taille de Black bass, a permis de déterminer que son impact sur les populations évolue au cours de sa croissance, mais que sa position trophique n'augmente pas nécessairement en changeant de proie en grandissant (N. Yasuno et al. 2016). Le travail des isotopes nécessite l'utilisation d'un spectrophotomètre de masse, puis l'utilisation d'un modèle ou d'une analyse sur R afin de pouvoir interpréter les valeurs obtenues. Avec cette méthode, la quantification de l'impact du Black bass peut se faire sur les valeurs de positions trophiques obtenues, et permet également de mesurer si son absence ou présence modifie les valeurs des autres espèces.

Certains articles se basent sur des expériences en mésocosmes (Y. Maezono et al. 2005), ou sur le terrain (W. H. Nowlin et al. 2006), pour tenter de comprendre quels peuvent être les impacts du Black bass sur les autres espèces, et en particulier à travers l'effet top-down. L'avantage du mésocosme est que les variables environnementales et les populations sont connues et peuvent être contrôlées, même s'il se fait en complément d'une partie terrain. Sur le terrain, il a été nécessaire de suivre la température, le total de phosphore et de l'azote, la turbidité et le taux de chlorophylle a, pour ensuite pouvoir comparer les résultats des différentes mares de l'expérience, qui a duré environ 1 an (W. H. Nowlin et al. 2006). A la fin de l'expérience, l'impact est notamment étudié avec la biomasse des espèces dans chaque condition, mais aussi avec la composition et la taille de la distribution dans la communauté de poissons. Ils ont pu conclure que le Black bass modifiait la composition de la communauté de poissons ainsi que la taille de sa distribution, qui est alors plus faible, mais la biomasse totale et la densité de poisson reste similaire aux données sans le Black bass (W. H. Nowlin et al. 2006). Concernant l'étude menée en mésocosme, une expérience sur le terrain a été effectuée, afin de déterminer la pression de prédation en milieu naturel sur les invertébrés. A l'aide de cages contenant des proies, la prédation était déterminée en fonction du nombre d'espèces restantes au bout d'une semaine. (Y. Maezono et al. 2005). La partie en mésocosme permettait d'observer l'impact de prédation du Black bass sur des espèces piscicoles ;

le principe était de voir combien d'individus de chaque espèce restaient à la fin. Ces deux expériences ont été vérifiées à l'aide d'un t-test et un test Anova. Tout cela a permis de déterminer que le Black bass a plus d'impact sur certaines espèces natives et les écrevisses exotiques, ce qui réduit la prédation sur d'autres espèces qui vont être plus présentes.

La quantification de l'impact du Black bass dépend de chaque étude et semble pour le moment assez superficielle. Il ne semble pas exister de formule qui indique que le Black bass diminue d'un certain pourcentage la population d'une espèce ou au contraire l'augmente. La plupart des études montrent davantage des expériences basées sur la localisation, qu'une généralisation à plus grand échelle d'un modèle qui pourrait être appliqué dans n'importe quel milieu. Les études montrent l'impact subit à un temps t , elles ne se penchent pas pour le moment sur les conséquences que cela pourrait avoir à long terme. En revanche, il est possible de trouver de nombreux modèles sur l'invasion et la distribution actuelle et future du Black bass. Il existe notamment des modèles de distribution des espèces, basés sur des variables anthropiques, environnementales, et sur les variations de population des espèces, traité en fonction de différents scénarios avec R et MaxEnt (M. Rodriguez-Rey et al. 2019). D'autres modèles sont basés sur une approche d'analyse de discriminant linéaire, de multiples régressions logistiques, d'une approche non linéaire aléatoire ou sur un réseau neural artificiel (L. Wang & D. A. Jackson, 2014). Ces modèles pourraient être un complément, afin d'estimer les impacts que pourrait avoir le Black bass sur ces nouveaux espaces à coloniser.

3.2. Le modèle du lac Kawahara-oike, Nagasaki Japon

Au Japon, le Black bass et le Crapet arlequin, *Lepomis macrochirus*, sont deux espèces fortement introduites dans les années 1920 à 1960 (Md.M. Hossain et al. 2013). Les lacs où ces espèces ont été introduites, sont caractérisés par une diminution voire une disparition des espèces locales. C'est pour cela que des études sur l'impact de ces espèces invasives ont été menées. Un article présente justement un modèle sur ce sujet, il s'agit de : « Examination of the effects of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and bluegill (*Lepomis macrochirus*) on the ecosystem attributes of lake Kawahara-oike, Nagasaki, Japan » réalisé par Md. Monir Hossain, Gurbir Perhar, George B. Arhonditsis, Takashi Matsuishi, Akira Goto et Mikio Azuma, en 2013. Cet article a pour objectif de quantifier l'effet écologique direct du Black bass et du Crapet arlequin sur les assemblages de poissons indigènes d'un lac, cela avec le modèle Ecopath with Ecosim.

Il s'agit d'une suite logicielle gratuite servant à la modélisation écologique et des écosystèmes (ecopath, 2020). La suite est composée de 3 composantes principales : Ecopath, Ecosim et Ecospace. Ecopath permet de générer instantanément la statistique et s'occupe de l'équilibre du système. Ecosim gère la dynamique temporelle avec un module de suivi des politiques. Et Ecospace est un module dynamique spatial et temporel conçu principalement pour explorer l'impact et l'emplacement des zones protégées. Il est utilisé pour répondre à des problématiques dans le domaine de la biologie aquatique.

Dans l'article, il s'agit de modéliser la situation et l'impact de deux espèces envahissantes dans un ancien lac d'eau saumâtre, végétalisé et eutrophe, d'une superficie de 12 ha, pour au maximum 9 m de profondeur. Le lac est composé de 14 espèces de poissons dont 3 invasives. Certaines caractéristiques du lac sont introduites dans le modèle Ecopath et 12 groupes fonctionnels sont créés pour définir le réseau trophique. Les groupes dépendent de l'abondance de l'espèce et de son niveau trophique. Ainsi le Black bass est représenté par un groupe fonctionnel de jeunes et un droupe d'adultes, tandis que les invertébrés benthiques et les crustacées sont réunis dans un groupe insectes.

Les autres paramètres pris en compte dans la réalisation du modèle sont :

- L'estimation de la biomasse des espèces envahissantes, avec des équations différentes en fonction de l'espèce (figure 9),

$$(1) N = \frac{\sum_{d=1}^n C_d M_d^2}{\sum_{d=1}^n R_d M_d} \quad (2) N = (M + 1)(C + 1)/(R + 1)$$

Figure 9: Equations de l'estimation de la biomasse pour le Black bass (1) et le Crapet arlequin (2) avec, pour (1) qui utilise la méthode de Schumacher et Eschmeyer, N la population de poisson estimée, Cd le nombre total de poissons capturés au jour d, Ud le nombre de poisson non marqué capturé au jour d, Rd le nombre de recapture au jour d, Md le nombre de poissons marqués disponible à la recapture au début du jour d, n le total du nombre de jours d'échantillonnage, pour (2) qui utilise l'estimateur de Petersen avec la modification de Chapman, N la population estimée de poisson, M le nombre de poisson capturé, C le nombre total de poissons capturés lors du second échantillonnage et R le nombre de recapture lors du second échantillonnage (Md.M. Hossain et al. 2013).

- L'estimation du taux de production et de consommation, calculés avec des équations pour les espèces invasives (figures 10 et 11) et directement recherchés sur Fishbase pour les autres groupes fonctionnels,

$$\frac{P}{B} = \frac{K(L_{\infty} - \bar{L})}{\bar{L} - L_c}$$

Figure 10: Formule du taux de production, avec L_{∞} et K les paramètres de croissance de Von Bertalanffy, L_c la longueur minimale du poisson capturé, \bar{L} la longueur moyenne des poissons capturés (Md.M. Hossain et al. 2013).

$$\log\left(\frac{Q}{B}\right) = 7.964 - 0.204 \log(W_{\infty}) - 1.965T' + 0.083A + 0.532h + 0.398d$$

$$W_{\infty} = aL_{\infty}^b$$

Figure 11: Equation du taux de consommation, avec W_{∞} le paramètre de Von Bertalanffy de la fonction de la croissance du poids, T' est l'expression de la moyenne annuelle de la température de l'eau, A est le rapport d'aspect de la nageoire caudal, h et d sont des paramètres factices où h=1 pour les herbivores et d=1 pour les détritivores (Md.M. Hossain et al. 2013).

- La composition du régime alimentaire à l'aide d'une matrice, les données sont obtenues par analyse stomacale pour les poissons et elle est estimée pour les autres groupes fonctionnels,
- L'efficacité écotrophique, la fraction de la production consommée dans le système ou exportée de celui-ci, pour tous les groupes fonctionnels sauf les trois contenant le Black bass et le Crapet arlequin,
- Le taux de pêche de chaque poissons, calculé en multipliant la biomasse de l'espèce par le taux de mortalité dû à la pêche.

Ces paramètres, une fois dans le modèle Ecopath, vont être utilisés dans le système d'équations linéaires qui constitue le modèle. Voici la forme généralisée des équations utilisées :

$$B_i \cdot \left(\frac{P}{B}\right)_i \cdot EE_i = Y_i + \sum_{j=1}^n B_j \cdot \left(\frac{Q}{B}\right)_j \cdot DC_{ji}$$

Figure 12: Equation linéaire du modèle Ecopath, avec B_i la biomasse du groupe fonctionnel i pendant la période d'étude, i allant de 1 à n groupes fonctionnels, $(P/B)_i$ est le ration production-biomasse du groupe i, EE_i est l'efficacité écotrophique du groupe i, Y_i est le taux de pêche du groupe i, B_j est la biomasse du consommateur j, $(Q/B)_j$ est le ration consommation-biomasse du groupe j, et DC_{ji} est la fraction de i trouvé dans l'alimentation de j. (Md.M. Hossain et al. 2013)

Les résultats de ces équations (figure 12) permettent d'obtenir un tableau qui, pour chaque groupe fonctionnel, donne le niveau trophique, la biomasse, le taux de production (production/biomasse), le taux de consommation (consommation / biomasse), l'efficacité écotrophique, le ratio production / consommation, le ratio de la respiration par rapport à l'assimilation, le ratio de production par rapport à la respiration, le flux de détritus, l'efficacité nette et l'index d'omnivorie (la variance du niveau trophique des proies du consommateur). Il est

également possible d'obtenir un schéma qui illustre les flux et les niveaux trophiques entre chaque groupe fonctionnel (figure 13).

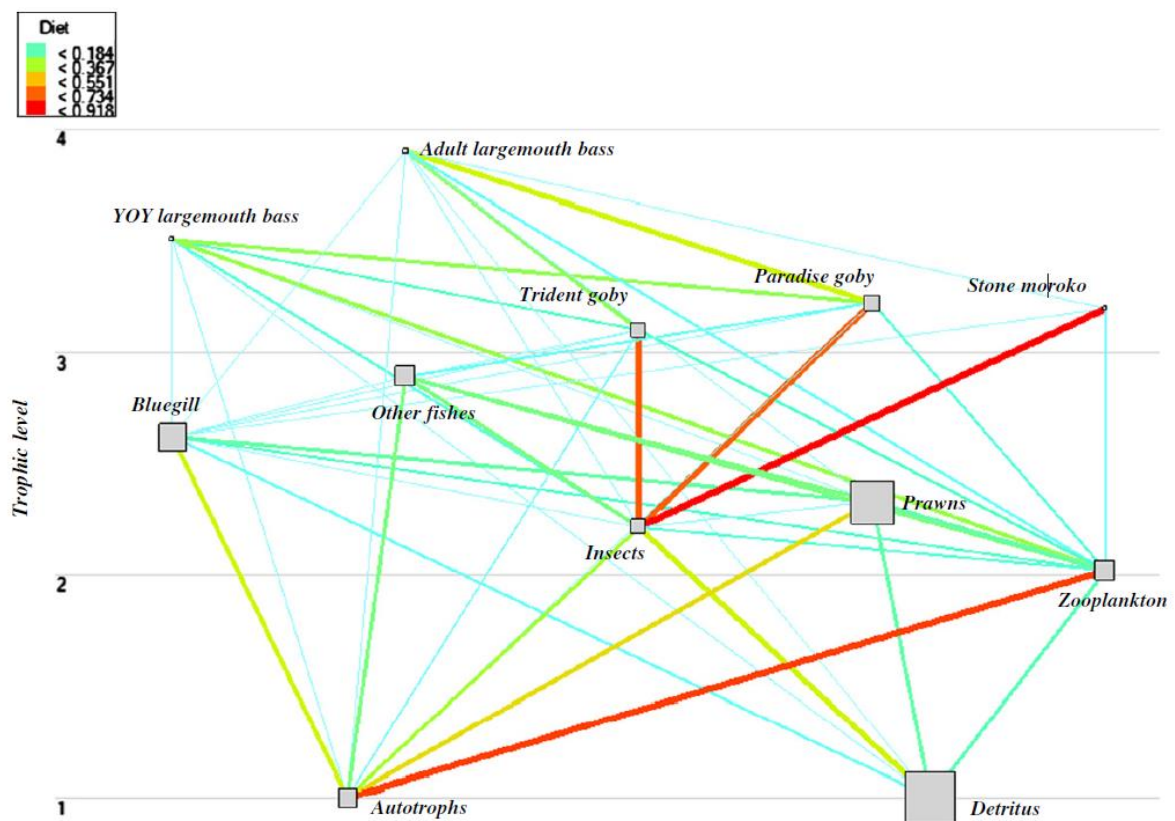


Figure 13: Schéma montrant les flux et les niveaux trophiques entre les groupes fonctionnels et leur intensité, Md.M. Hossain et al. 2013.

Les résultats de l'équation ont permis de mettre en évidence que le Black bass se situe tout en haut de la chaîne alimentaire et que si les deux espèces invasives peuvent coexister, c'est notamment parce qu'elles ne possèdent pas la même alimentation. Md.M Hossain et al. (2013) ont également déterminé que la présence des deux espèces avait une influence directe sur les populations prédatées, mais que cela n'avait que très peu ou pas d'influence sur les producteurs primaires et le zooplancton, dont ne se nourrissent pas directement les espèces invasives. Ils ont ainsi pu déterminer en partie l'impact de ces deux prédateurs envahisseurs sur les variations des populations du lac. Cependant ils expriment la présence d'importantes incertitudes concernant la biomasse des espèces invasives qui ont été estimées et mesurées directement à partir des populations du lac, mais également par rapport à l'efficacité écotrophique qui est plutôt complexe à déterminer.

3.3. Critiques et possibilités d'amélioration des modèles et recherches

De nombreuses limites sont apparues au cours de la recherche et de la lecture des articles portant sur l'impact du Black bass. Il serait donc intéressant de développer ces limites ou lacunes, afin d'obtenir un modèle adaptable à différents environnements et permettant d'estimer les conséquences sur un plus ou moins long terme de l'introduction du Black bass.

Le nombre d'études sur le Black bass est assez conséquent (F. W. Pereira & J. R. S. Vitule, 2019), et dans des endroits du monde au climat assez différent. Il semble qu'il y ait déjà un panel suffisamment important de milieux d'introduction du Black bass décrit, même si une étude globale semble nécessaire pour réunir les différentes caractéristiques des habitats occupés par le Black bass. De plus, il existe déjà des études qui expliquent comment évolue le comportement du Black bass,

comme l'intensité de sa prédation ou sa croissance, en fonction de la concentration en O₂ (N. R. Glass, 1968) ou encore de la température (A. Ouizgane et al. 2018). Cela pourrait être des paramètres du milieu importants à prendre en compte pour déterminer l'impact direct plus ou moins important du Black bass sur les populations.

Il serait possible de se baser sur un modèle déjà existant, comme celui de l'article sur le lac Kawahara-oike au Japon (Md.M. Hossain et al. 2013), et de le compléter en complexifiant l'équation utilisée ou en combinant plusieurs équations/résultats de plusieurs modèles. Dans le cas de cette étude, le milieu et ses particularités ne sont que peu ou pas utilisées, dépendant majoritairement de la structure des populations. Les paramètres tels que la température de l'eau, la salinité, la turbidité (K. Takamura, 2007), la concentration en oxygène et la présence de végétaux peuvent grandement influencer sur le Black bass, à travers sa croissance, son activité ou encore son succès en tant que prédateur (A. Ouizgane et al. 2018). De plus le caractère temporel de ce modèle n'est pas mis en évidence : il semblerait que l'estimation de l'impact du Black bass se fait à un temps précis. Il serait cependant possible d'estimer son impact dans le temps en prenant en compte une courbe théorique de l'évolution de la biomasse du Black bass. Le modèle permet d'identifier sur quelles espèces le Black bass a un impact plus important, et l'évolution de sa biomasse dans le temps permettrait de déterminer l'évolution de son impact sur les espèces.

Il faut cependant être prudent car la multiplication de paramètres dans un modèle peut entraîner davantage de modifications ou d'incertitudes dans les résultats (Md.M. Hossain et al. 2013), mais également une difficulté plus importante à mettre en place le protocole pour utiliser le modèle. Plus le nombre de paramètres nécessaires au fonctionnement du modèle est important, plus l'étude préliminaire pour les réunir sera longue, s'ils ne sont pas déjà connus. Il faut donc trouver un équilibre dans le nombre de paramètres environnementaux, anthropiques et biologiques à utiliser.

CONCLUSION

La réalisation de ce PFE est principalement composée d'un état de l'art sur les caractéristiques du Black bass et de son impact sur les populations aquatiques. Ce travail a permis de mettre en place une méthodologie dans la production d'un état de l'art ainsi que dans la démarche de structuration de la recherche. La méthodologie appliquée demande une certaine rigueur et est chronophage, mais quand elle est convenablement réalisée, elle permet un déroulement logique lors du processus d'écriture. Cette partie du PFE a également permis de décortiquer le sujet attribué afin de le comprendre, le structurer, en se donnant des objectifs ainsi qu'en le cadrant. Grâce à cette démarche, le sujet paraît moins complexe, plus ciblé, et cela facilite les recherches pour y répondre.

La première partie de réponse apportée au sujet permet de mentionner le fait que le Black bass est un poisson très largement introduit à travers le monde pour des raisons en premier lieu liées à la pêche sportive. Cependant, depuis qu'il a commencé à être introduit à la fin du 19^{ème} siècle, il s'est acclimaté et est même devenu invasif dans certaines régions. En cause, la forte amplitude écologique du Black bass, notamment concernant la température de l'eau ainsi que son régime alimentaire varié. Mais ce poisson carnassier est un opportuniste qui entraîne de nombreux impacts négatifs dans les zones où il est introduit. Ces impacts sont très importants au niveau de la biodiversité locale, et surtout sur les réseaux trophiques.

La dernière partie de ce sujet a mis en évidence les nombreuses études portant sur l'impact du Black bass qui ont été menées. Pour la plupart, elles mettent en avant l'influence de cette espèce sur l'abondance des espèces locales (piscicoles, invertébrés ou zooplancton) qui, pour la majorité, diminuent en la présence du Black bass. Parfois, cette affluence est diminuée par les caractéristiques du milieu, comme la turbidité ou la clarté de l'eau, l'O₂ disponible, la température ou encore les cachettes possibles pour les espèces prédatées.

Cependant les études réalisées restent assez spécifiques au lieu d'étude et ne permettent pas une réelle quantification de ces impacts. Mais elles permettent de se rendre compte de la nécessité de mettre en place des actions de gestion pour atténuer l'impact du Black bass, ou même pour éviter ces impacts. Ce manque de quantification et de modèles applicables partout ne permet pas de comparer l'intensité qu'exerce le Black bass dans les différents milieux où il est introduit. Néanmoins, la diversité de ces études amène la possibilité de mêler les différentes méthodes et connaissances, afin d'obtenir un modèle applicable dans tout type de milieu, en prenant en compte leurs paramètres. Certains modèles, comme celui de l'article sur le lac Kawahara-oike au Japon (Md.M. Hossain et al, 2013) qui se sert déjà des paramètres biologiques et populationnels, peuvent être de bon point de départ à la réalisation d'un modèle applicable à grande échelle.

Modéliser l'impact du Black bass à un instant t ou à long terme permettrait de prévoir des actions de gestion, de sorte que les populations aquatiques soient moins impactées par sa présence. C'est pour cela qu'il pourrait être intéressant de coupler les modèles de distribution et d'invasion aux futurs modèles d'impact. Ce couplage pourrait permettre d'éviter l'apparition du Black bass dans de nouvelles zones, et de prioriser les zones d'action pour lutter contre cette espèce invasive, ou au moins contre ces impacts.

BIBLIOGRAPHIE

D. Almeida, F. Ribeiro, P. M. Leunda, L. Vilizzi and G. H. Copp. 2013. « Effectiveness of FISK, an Invasiveness Screening Tool for Non-Native Freshwater Fishes, to Perform Risk Identification Assessments in the Iberian Peninsula ». Risk Analysis, Vol. 33, No. 8. DOI : 10.1111/risa.12050

Aquaportail, « <https://www.aquaportail.com/definition-5777-espece-indigene.html> ». Consulté le 12 Avril 2020

Aquaportail, « <https://www.aquaportail.com/definition-5687-superpredateur.html> ». Consulté le 12 Avril 2020

Association Black Bass France. Janvier 2013. « Les clés pour une meilleure gestion du black bass ».

M-J. Bae, C. A. Murphy, E. García-Berthou. 2018. « Temperature and hydrologic alteration predict the spread of invasive Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*) ». Science of the Total Environment, www.elsevier.com/locate/scitotenv.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.001>

T.G. Brown, B. Runciman, S. Pollard, and A.D.A. Grant. 2009. « Biological Synopsis of Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*) » Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2884.

CABI, « *Micropterus salmoides*, <https://www.cabi.org/isc/datasheet/74846> ». Consulté le 24 avril 2020.

Cambridge dictionary, « <https://dictionary.cambridge.org/fr/dictionnaire/anglais/impact> ». Consulté et traduit le 12 avril 2020.

B. Choi, C. Lee, Y. Takizawa, Y. Chikaraishi, H-J. Oh, K-H. Chang, M-H. Jang, H-W. Kim, K-L. Lee, K-H. Shin. 2020. «Trophic response to ecological conditions of habitats: Evidence

from trophic variability of freshwater fish. » Ecology and Evolution published by John Wiley & Sons Ltd. 10.1002/ece3.6451

Cnrtl, « <https://www.cnrtl.fr/definition/mod%C3%A8le> ». Consulté le 12 avril 2020.

Cnrtl, « <https://www.cnrtl.fr/definition/introduction>, Introduction ». Consulté le 12 avril 2020.

F.Diaz, A. D. Re, R. A. Gonzalez, L. N. Sanchez, G. Leyva & F. Valenzuela. 2007. «Temperature preference and oxygen consumption of the largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacépède) acclimated to different temperatures ». Journal Compilation, Blackwell Publishing Ltd. Doi :10.1111/j.1365-2109.2007.01817.x

Dico ecole, « <http://www.dico-ecole.com/definition-a.html>, Acclimatation ». Consulté le 10 avril 2020.

Doris (Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et flore Subaquatiques), « Achigan à grande bouche », [https://doris.ffesm.fr/Especies/Micropterus-salmoides-Achigan-a-grande-bouche-2778/\(rOffset\)/0](https://doris.ffesm.fr/Especies/Micropterus-salmoides-Achigan-a-grande-bouche-2778/(rOffset)/0). Consulté le 10 avril 2020

ecopath, « <https://ecopath.org/> » Consulté le 11 janvier 2021.

D.A.Z. Garcia, A. D. A. Costa, G. L. A. Leme, M. L. Orsi. 2015. « Biology of black bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) fifty years after the introduction in a small drainage of the Upper Paraná River basin, Brazil ». BIO DIVERSITAS, Volume 15, Number 2. DOI : 10.13057/biodiv/d150209

E. Garcia-Berthou. 2002. « Ontogenetic Diet Shifts and Interrupted Piscivory in Introduced Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*) ». Verlag Berlin GmbH.

N. R. Glass. 1968. « The effect of time of food deprivation on the routine oxygen consumption of Largemouth Black bass (*Micropterus salmoides*) » Wiley on behalf of the Ecological Society of America. <https://www.istor.org/stable/1934465>

F.N. Godinho, M. T. Ferreira & R. V. Cortes. 1997. «The environmental basis of diet variation in pumpkinseed sunfish, *Lepomis gibbosus*, and largemouth bass, *Micropterus salmoides*, along an Iberian river basin». Kluwer Academic Publihers.

J.S. Hargrove, O. L. F. Weyl, J. D. Austin. 2017. « Reconstructing the introduction history of an invasive fish predator in South Africa ». Springer Nature Switzerland. DOI 10.1007/s10530-017-1437-x

Md. M. Hossain, G. Perhar, G. B. Arhonditsis, T. Matsuishi, A. Goto, M. Azuma. 2013. « Examination of the effects of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and bluegill (*Lepomis macrochirus*) on the ecosystem attributes of lake Kawahara-oike, Nagasaki, Japan. » Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2013.07.005>

INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel). « *Micropterus salmoides* ». [https://doris.ffesm.fr/Especies/Micropterus-salmoides-Achigan-a-grande-bouche-2778/\(rOffset\)/0](https://doris.ffesm.fr/Especies/Micropterus-salmoides-Achigan-a-grande-bouche-2778/(rOffset)/0). Consulté le 10 avril 2020.

IUCN red list, « <https://www.iucnredlist.org/species/61265/58310038> ». Consulté le 20 avril 2020.

D.A. Jackson. 2002. « Ecological effects of *Micropterus* introductions: The Dark Side of Black Bass ». American Fisheries Society Symposium 31.

P. Keith & J. Allardi. 1997. « BILAN DES INTRODUCTIONS DE POISSONS D'EAU DOUCE EN FRANCE. ». Bull. Fr. Pêche Piscic. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae:1997021>

D. Khosa, S. M. Marr, R. J. Wasserman, T. A. Zengeya, O. L. F. Weyl. 2019. « An evaluation of the current extent and potential spread of Black Bass invasions in South Africa ». Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-01930-0>

Larousse, « <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/usage/80758> ». Consulté le 10 avril 2020.

Y. Maezono, R. Kobayashi, M. Kusahara and T. Miyashita. 2005. « Direct and Indirect Effects of Exotic Bass and Bluegill on Exotic and Native Organisms in Farm Ponds. » Wiley on behalf of the Ecological Society of America. <https://www.jstor.org/stable/4543381>

- R.M. McDowall. 1968. « The proposed introduction of the large-mouth black bass *Micropterus salmoides* (lacepede) into New Zealand ». Taylor and Francis. <https://doi.org/10.1080/00288330.1968.9515232>
- W. H. Nowlin, R. W. Drenner, K. R. Guckenberger, M. A. Lauden, G. T. Alonso, J. E. Fennell & J. L. Smith. 2006. « Gape limitation, prey size refuges and the top-down impacts of piscivorous largemouth bass in shallow pond ecosystems » *Hydrobiologia*, Springer. 10.1007/s10750-006-0024-4
- A. Ouizgane, S. Farid, F. Z. Majdoubi, M. Droussi, G. Guerriero, M. Hasnaoui. 2018. « Assessment of climate change effects on predation activity and growth of largemouth bass, *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) by water temperature variations » *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 10.9755/ejfa.2018.v30.i6.1725
- F. W. Pereira & J. R. S. Vitule. 2019. « The largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepede, 1802) : impacts of a powerful freshwater fish predator outside of its native range. » *Rev Fish Biol Fisheries*. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09570-2>
- M. Rodriguez-Rey, S. Consuegra, L. Borger, C. G. de Leaniz. 2019. « Improving Species Distribution Modelling of freshwater invasive species for management applications. » Paulo De Marco Ju'nior, Universidade Federal de Goias, BRAZIL. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217896>
- A.T. Taylor, J. M. Long, M. D. Tringali, B. L. Barthel. 2019. « Conservation of Black bass Diversity : An emerging management paradigm ». American Fisheries Society. DOI : 10.1002/fsh.10187
- S.T. Tisdale. 1871. « Habits of Black bass ». The American Society of Naturalists. <https://www.jstor.org/stable/2447064>
- Universalis, « <http://www.universalis-edu.com.proxy.scd.univ-tours.fr/>, Approche, Modèle ». Consulté le 12 avril 2020.
- P. Vivier. 1951. « POISSONS ET CRUSTACES D'EAU DOUCE ACCLIMATES EN FRANCE EN EAUX LIBRES DEPUIS LE DEBUT DU SIECLE ».
- L. Wang & D. A. Jackson. 2014. « Shaping up model transferability and generality of species distribution modeling for predicting invasions: implications from a study on *Bythotrephes longimanus*. » Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/s10530-014-0649-6
- N. Yasuno, Y. Fujimoto, T. Shimada, S. Shikano & E. Kikuchi. 2016. « Ontogenetic dietary shifts of largemouth bass do not increase trophic position in a shallow eutrophic lake in Japan. » *EDP Sciences*. 10.1051/limn/2016

Directeur de recherche :

Catherine Boisneau

Amaya Gauvin
PFE/DAE5
IMA
2020-2021

Black bass : Introduction, acclimatation, usages et modèle de son impact de top prédateur

Résumé :

Le milieu aquatique fait partie des écosystèmes les plus envahis (Y. Maezono et al., 2005), ce qui en fait l'écosystème le plus en danger du monde (M. Rodriguez-Rey et al., 2019). Il semble donc important de connaître ces espèces invasives et leurs impacts sur le milieu aquatique. Le Black bass, *Micropterus salmoides*, est l'une des espèces les plus introduites dans le monde (M-J Bae et al., 2018) et il fait parties des 100 espèces les plus invasives (D. A. Z. Garcia et al., 2014). Il est donc important de bien connaître cette espèce et de pouvoir connaître et quantifier ses impacts sur la biodiversité. Ce travail montre l'évolution de l'introduction du Black bass dans le monde, les impacts qu'il a déjà eu dans les milieux où il a été introduit, et présente différents modèles et méthodes existantes pour tenter de les identifier et les quantifier, afin de pouvoir mettre en place des plans de gestion efficaces pour son élimination ou sa régulation.

Mots Clés :

Black bass, *Micropterus salmoides*, espèce invasive, introduction, top prédateur, impact, modélisation d'impact.