

PROJET 2021FA207 – MATPCB



207FA/2021 - MATPCB

Résumé

La présence de PCB dans le lac du Bourget du Lac associé avec le réchauffement des eaux expliquerait-elle la diminution de la population d'un salmonidé emblématique des alpes, l'omble chevalier ? Les études portent sur les premiers stades de vie du poisson.

Mots clés (keywords) : PCB, lacustre, Omble chevalier, écotoxicologie, réchauffement climatique.

Resp : Jean Guillard, DR INRAe, CARRETEL. jean.guillard@inrae.fr

Collaborations : LECA (S. Reynaud) - EDYTEM (E. Naffrechoux) - CARRETEL (Lacs sentinelles, ZABR)

Début du projet : 2021

Projet scientifique

Effets de l'exposition maternelle aux PCB couplés à une hausse de température durant les premiers stades de vie d'un poisson lacustre patrimonial sténotherme froid, l'omble chevalier

L'omble chevalier est une espèce de salmonidé sténotherme froid dont l'aire de répartition est boréale circumpolaire. Il s'agit d'une espèce emblématique des grands lacs préalpins et alpins, où elle se trouve en limite sud de sa répartition, en raison de son importance économique (pêches professionnelle et amateur), patrimoniale et de son intérêt écologique. Néanmoins, sa population connaît une diminution drastique au sein du lac du Bourget, malgré des efforts de repeuplement lors de ces dernières décennies. Plusieurs hypothèses ont été émises pour comprendre et interpréter cette baisse des effectifs (Caudron et al., 2014). Une de ces hypothèses serait les effets indirects des polluants environnementaux (Scott & Slowman, 2004 ; Tierney et al., 2010). Parmi ces polluants, les polychlorobiphényles (PCB), pourraient avoir un rôle prépondérant. Ces derniers sont reconnus comme perturbateurs du système endocrinien (PE) de nombreuses espèces animales et sont bioaccumulés par la faune aquatique et particulièrement les poissons en raison de leur caractère lipophile et de leur faible dégradation. De plus, dans le contexte actuel de changement climatique, les variations de température pourraient avoir des conséquences indirectes abiotiques sur le comportement des PCB les rendant davantage bio-disponibles. En effet, une

augmentation de la température amplifiera la dégradation et la volatilisation des PCB (Ma et al., 2011) et par conséquent leur concentration notamment dans les écosystèmes aquatiques.

Les effets de la température et des PCB ont été étudiés mais séparément et jamais à notre connaissance en synergie. L'omble chevalier a été étudié au niveau local tant sur les impacts de la température sur ses premiers stades de vie en matière de survie, de croissance et de temps de développement (Mari et al. 2016 ; Mari et al., 2021) que sur sa contamination aux PCB chez les adultes (Naffrechoux et al., 2017 ; Perga et al., 2017 ; Masset et al., 2019). En outre, les repeuplements du lac du Bourget sont issus de géniteurs sauvages provenant uniquement du lac du Bourget.

Ainsi, comprendre la transmission des PCB devient une question centrale dans le cadre des politiques de repeuplement. Les PCB se stockant au sein de la masse grasseuse, il a été constaté que les femelles sont plus contaminées que les mâles en raison de leurs taux grassex plus importants. Cette transmission va avoir des impacts sur la descendance en termes de survie (Horri, 2018), de traits de vie (Chen et al., 2012 ; Péan et al., 2013) et de modification transcriptomique (Alfonso, 2018).

Dans ce contexte de multi-stress, les objectifs de ce projet sont :

1- Comprendre et quantifier la transmission maternelle des PCB couplée à une variation de température. Cette observation sera réalisée tant sur des paramètres omiques que physiologiques (analyse de traits de vie) et permettra de mieux appréhender les effets de cette diversité de stress.

2- Définir un seuil de contamination maternelle pour lequel l'effet transgénérationnel ne serait pas impactant pour le recrutement de la population. Ces résultats seront particulièrement intéressants pour les politiques de repeuplement au sein du lac du Bourget, en choisissant des géniteurs femelles permettant de maximiser la survie des descendants.

Pour répondre aux objectifs de l'étude, une approche en milieu contrôlé est nécessaire afin de pouvoir isoler les effets de l'exposition maternelle des PCB couplés à une hausse de température pour en analyser leurs effets sur la survie, la condition morpho-anatomique, différents indicateurs physiologiques et omiques des descendants.

Description du projet et des résultats attendus - Contexte scientifique et/ou technologique, objectifs du projet et positionnement sur les scènes locale, nationale et internationale (1 page)

La fin du 20^{ème} siècle se caractérise par l'émergence d'une modification des écosystèmes sous l'effet des activités humaines. Ces modifications ont pour conséquence une érosion de la biodiversité notamment via l'accroissement de stress physiques (exposition à des polluants, faible niveau d'oxygène, mauvaise qualité de l'eau (Barton, 2002)). Parmi ces derniers, les polychlorobiphényles (PCB), reconnus comme perturbateurs du système endocrinien (PE) de nombreuses espèces animales, sont bioaccumulés par la faune aquatique et particulièrement les poissons en raison de leur caractère lipophile et de leur faible dégradation.

L'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) présente de multiples intérêts : patrimonial, socio-économique et en tant qu'espèce sentinelle de la qualité des lacs alpins et préalpins et des effets du changement climatique. Ces dernières décennies, sa population a chuté fortement au sein du lac du Bourget malgré des efforts de repeuplement et de l'amélioration notable de la qualité des eaux (Jacquet et al., 2019). De plus, sa consommation y est interdite en raison de sa forte contamination aux PCB. En effet, les ombles chevaliers de ce lac sont contaminés en moyenne à 200 ng/g ww, le rendant impropre à la consommation humaine (norme européenne < 125ng/g) (Naffrechoux et al., 2017). En outre, les femelles sont plus contaminées que les mâles en raison de leurs taux grassex plus importants. Les PCB ont des propriétés lipophiles qui fournissent une voie de transfert verticale par le biais des oeufs via les lipoprotéines de la réserve vitelline dérivées de la vitellogénine (Nyholm et al., 2008 ; Russell et al., 1999 ; Ungerer & Thomas, 1996 ; Zhang et al., 2010). Cette transmission va avoir des impacts sur la descendance en termes de survie (Horri, 2018), de traits de vie (Chen et al., 2012 ; Péan et al., 2013) et de modification transcriptomique (Alfonso, 2018). Dans le contexte actuel de changement climatique, les variations de température pourraient avoir des conséquences indirectes abiotiques sur le comportement des PCB, le rendant davantage bio-disponible (c.-à-d. concentrations de carbones organiques particulières ; Borgå et al., 2010) dans les processus de bioamplification à partir de modifications des réseaux trophiques (Noyes et al., 2009)). Les premiers stades de vie (définis comme allant de l'oeuf à la larve) présentent une forte sensibilité aux variations de température (Rombough, 1996 ; Pörtner & Peck, 2010 ; Réalis-Doyelle et al., 2016) et sont déterminants dans le succès du recrutement des populations. Cette sensibilité aura de

nombreuses répercussions sur leur capacité de survie, sur leur croissance, leur métabolisme et leur immunité (Ojanguren & Braña, 2003 ; Lahnsteiner, 2012 ; Réalis-Doyelle et al., 2016).

Les effets de la température et des PCB ont été étudiés séparément mais à notre connaissance jamais en synergie. Les impacts de la température sur les premiers stades de vie en matière de survie, de croissance et de temps de développement ont fait l'objet de travaux sur l'omble (par exemple au CARRTEL Mari et al., 2016 ; Mari et al., 2021) ainsi que la contamination de ce dernier aux PCB sur leur survie et sur leur capacité de reproduction aux stades adultes (Monod 1985 ; Perga et al., 2017 ; Masset et al., 2019).

Ce projet permettra :

- 1) d'évaluer les effets de l'exposition maternelle aux PCB sur les premiers stades de vie d'une espèce patrimoniale dans un contexte de changement climatique.
- 2) de comprendre les mécanismes d'adaptation à cet effet croisé Température et PCB issus de l'exposition maternelle, via la compréhension des mécanismes omiques et physiologiques pouvant être transposable à une échelle plus large.
- 3) d'être une aide pour définir les stratégies de gestion du repeuplement d'ombles chevaliers à travers le choix des femelles, au sein du lac du Bourget. Ce choix se ferait en déterminant les seuils de la transmission maternelle et leurs impacts sur le recrutement.

Programme scientifique / Méthodologie / Résultats escomptés

Description des méthodes mises en oeuvre

Le projet se déroulera en 3 phases :

Phase 1 : Contamination des femelles de la génération F0 (février-mars)

Dans cette phase en amont du projet, 3 x 4 femelles d'omble chevalier seront contaminées aux PCB avec 3 niveaux imprégnations différentes (0, 500 et 1000 ng PCB/g) via l'injection intra-péritonéale d'un mélange commercial (Aroclor1254) et ceci un mois avant les pontes. Un troisième lot de 4 femelles sera piqué avec un placebo. Les laitances de douze males, issues de structures d'élevages contrôlées et testées sans PCB, seront « poolées » puis séparés en 12 lots fécondant sélectivement les ovocytes de femelles contaminées individuellement. Les 12 lots d'oeufs fécondés seront ensuite divisés en deux pour être incubés chacun à une température spécifique : 5°C (température de référence pour le développement des oeufs (Guillard et al., 1992)) et 8,5°C (température en limite de la tolérance thermique des embryons d'omble chevalier (Mari et al., 2021), mais aussi température des lacs alpins prévue par le GIEC dans le scénario pessimiste).

Phase 2 : Etude des effets de la contamination aux PCB sur les descendants F1 (avril-septembre)

Le dispositif expérimental permettra de tester simultanément les 3 niveaux d'imprégnation aux PCB et le lot test, à 2 températures différentes grâce à des chambres climatisées séparées. Les paramètres physiologiques (analyse de traits de vie, hormone, croissance, malformation...), seront suivis tout au long du développement des F1 (oeuf, éclosion, première prise alimentaire, juvénile). Un transcriptome par « mRNAsequencing » au niveau du foie sera réalisé sur les descendants F1.

Phase 3 : analyse des résultats

Les résultats seront analysés et ce projet fera l'objet de valorisations (présentation lors d'un congrès ainsi que l'écriture d'articles pour une revue scientifique internationale).

Le projet apportera des connaissances fondamentales sur la transmission maternelle des effets d'une contamination aux PCB dans un contexte de changement climatique via la compréhension des mécanismes possibles d'adaptation à ces effets croisés. Les résultats seront aussi particulièrement intéressants d'un point de vue opérationnelle pour les politiques de repeuplement dans le cadre du choix potentiel des géniteurs femelles afin de maximiser la survie des descendants. A l'échelle macro, ce projet permettra l'amélioration des connaissances des facteurs de stress pouvant participer à une partie de l'érosion de la biodiversité.