

ACIDIFICATION DES OCÉANS

Fiche résultat

PACIO

Réponses physiologiques et adaptatives des poissons à l'acidification des océans

Projet porté par Guy CLAIREAUX (Ifremer-LEMAR)

Début et fin du projet : 2017-2020

Les poissons sont une composante majeure des écosystèmes marins et ils sont indispensables à l'alimentation des populations humaines. A titre d'exemple, les secteurs de la pêche et de l'aquaculture fournissent près de 15% de leurs besoins en protéines animales à près de 4.5 milliards d'humains. La sauvegarde des services écologique, socio-économique et patrimonial des populations de poissons fournit le cadre général de Pacio.

L'augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂ et sa diffusion dans les eaux marines s'accompagne de deux phénomènes. Le premier résulte de la réaction chimique du CO₂ avec l'eau et conduit à l'acidification des océans (AO). Le second découle de l'élévation de la pression partielle de CO₂ dans l'eau (PCO₂) et de l'hypercapnie interne qui en résulte chez les animaux exposés. Afin de répondre aux effets combinés de ces deux phénomènes sur leur équilibre acido-basique interne, les poissons procèdent à des ajustements de leur chimie interne qui sont susceptibles de se répercuter sur une large gamme de fonctions physiologiques.

Dans ce contexte, les deux grands objectifs de Pacio sont :

- Examiner les liens entre l'altération des paramètres chimiques internes et le développement, les performances, le comportement et la trajectoire de vie des poissons marins ;
- Evaluer la dimension trans-générationnelle des effets observés.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Nos expériences sont menées chez le bar européen (*Dicentrarchus labrax*), une espèce à fort intérêt halieutique et aquacole, sur laquelle notre équipe de recherche possède une expertise reconnue. En 2013, environ 30 000 larves de deux jours ont été mises en élevage dans trois situations environnementales correspondant respectivement à la situation actuelle (*contrôle* : $\text{PCO}_2 = 650 \mu\text{atm}$, pH 8.1) ainsi qu'aux scénarios RPC6.0 (*intermédiaire* : $\text{PCO}_2 = 1150 \mu\text{atm}$, pH 7.8) et RPC8.5 (*sévère* : $\text{PCO}_2 = 1700 \mu\text{atm}$, pH 7.6) du Giec (Groupe intergouvernemental des experts sur le climat). Au cours des quatre années qui ont suivies, nous avons analysé différents aspects du développement, de la physiologie et du comportement de ces animaux. En 2018, nos animaux ayant atteint la maturité sexuelle (génération F0), nous avons constitué trois lots de géniteurs (un par traitement) et depuis un an, nous répétons sur la génération suivante (génération F1) une partie des mesures effectuées sur les parents, notamment dans le but d'identifier de possibles effets trans-générationnels de l'AO. Les approches mises en jeu sont celles de la biologie expérimentale, combinées à des techniques de biologie cellulaire et moléculaire, d'histologie et d'endocrinologie.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Au cours des 3 premiers mois de vie des larves (F0), nous n'avons noté aucun changement significatif de la forme et de la croissance des otolithes, éléments minéralisés de l'oreille interne indispensables à l'équilibre et à l'orientation dans l'espace. En revanche, une accélération du processus de minéralisation du squelette a été observée (figure ci-contre). Cette accélération de l'ossification s'est accompagnée d'une diminution très significative du taux de malformation chez nos larves (de 25% chez les *contrôle* à 5% chez les *sévère*).

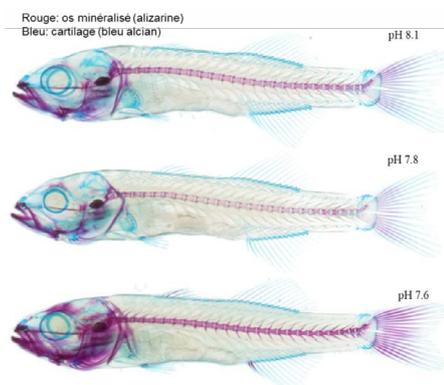


Figure 1 : processus de minéralisation du squelette chez le bar européen

Une interaction significative entre AO et température a été observée. A température relativement basse (15°C), les traitements expérimentaux (PCO_2 ; pH) n'ont eu aucune influence sur la croissance des animaux. A température plus élevée (20°C), en revanche, le traitement *sévère* s'est accompagné d'une baisse de l'ordre de 40% du taux de croissance. Une analyse du processus de digestion (mesure du pH stomacal) indique que la baisse de croissance n'est pas liée au nouvel état acide-base des animaux, ceux-ci conservant notamment leur capacité à mobiliser les protons au cours du processus digestif (acidification du bol alimentaire dans l'estomac).

Au stade juvénile, les animaux du traitement *sévère* présentent des performances distinctes de celles des animaux des autres traitements. Par rapport à la population

contrôle, une plus grande tolérance à la désoxygénation de l'eau (hypoxie) a été observée ainsi qu'une baisse de la vitesse maximale de nage. Les répercussions écologiques de ces résultats restent à établir. Une fois replacée en condition contrôle, la population *sévère* retrouve des performances de nage identiques à celles de la population *contrôle*. En revanche, après retour en condition contrôle, la tolérance à l'hypoxie de la population *sévère* reste plus élevée que celle de la population *contrôle*, posant la question d'un conditionnement environnemental de type épigénétique.

Des mesures de respirométrie n'ont pas fait apparaître de différences en termes de métabolisme énergétique (taux métaboliques standard et maximum). Ces mesures suggèrent cependant que les animaux du groupe *sévère* présentent une baisse de vigilance se traduisant par une diminution très significative de la variabilité instantanée du taux métabolique en période nocturne.

Une analyse comparative du comportement (test du milieu nouveau) a confirmé la réduction de vigilance des animaux du traitement *sévère*. Chez ces animaux, nous avons notamment observé un comportement de nage en groupe moins marqué, cette indépendance des individus vis-à-vis du groupe traduisant un niveau d'anxiété plus faible vis-à-vis d'un environnement inhabituel (figure ci-contre).

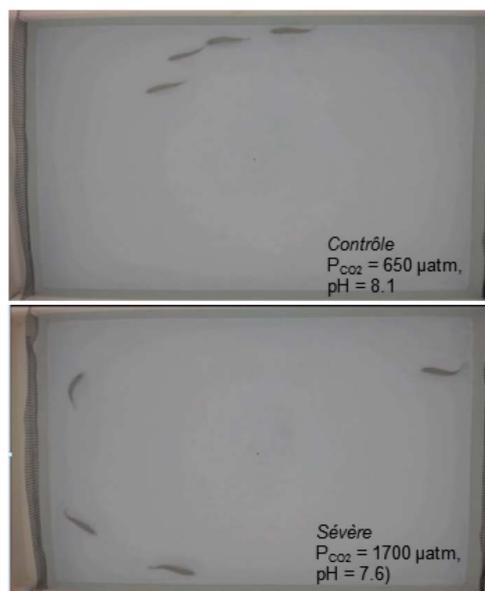


Figure 2 : observation du comportement de nage en groupe

Atteintes des objectifs et difficultés rencontrées

L'état d'avancement du projet Pacio est conforme au projet initial et les résultats obtenus à ce jour sont en ligne avec les objectifs initialement fixés.

Les travaux de Pacio ont été conduits dans le cadre d'une coopération Franco-Allemande (Université de Hambourg et Institut Alfred Wegener) et ils ont contribué à la formation de 4 doctorant(e)s et d'une post-doctorante. En 2019, deux étudiants de Master-1 (Brest et Lyon) et un étudiant de Master-2 (Brest) viendront s'ajouter à l'équipe en place. Toujours en 2019, deux doctorantes impliquées dans le projet soutiendront leur thèse (Hambourg et Brème).

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations effectuées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes

Les résultats obtenus à ce jour restent disséminés et un travail d'intégration sera à mener. Ils montrent cependant dans quelle mesure l'augmentation de la teneur en CO₂ des eaux océaniques est de nature à modifier les performances physiologiques et comportementales des poissons au cours de leur cycle de vie. Ils mettent notamment en lumière le fait que, bien que les poissons aient des capacités de régulation acide-base très développées, leur mise en œuvre s'accompagne de modifications importantes de leur chimie interne. Ces modifications ont de multiples effets dont la portée écologique et en termes de service écosystémique reste à évaluer. Dans l'ensemble des résultats déjà obtenus, ceux qui concernent le comportement sont particulièrement intéressants car ils touchent à la première ligne de défense d'un animal faisant face à une contrainte, qu'elle soit d'origine biologique *e.g.*, prédateur, ou physico-chimique *e.g.*, contaminants, hypoxie, variation de température. Une investigation des mécanismes neurosensoriels impliqués a été entreprise. L'obtention de la génération F1 étant récente, l'analyse des effets trans-générationnel de l'AO reste à mener.

Les travaux de Pacio ont d'ores et déjà fait l'objet de publications scientifiques et ont formé la base de communications lors de congrès internationaux et de vulgarisation scientifique notamment dans le cadre des cycles de conférences grand public organisés par les Université du Temps Libre, l'Ifremer et Océanopolis. La publication et la valorisation de la suite de nos travaux s'étalera sur 2019 et 2020.