

# REPONSES BIOLOGIQUES MULTI-NIVEAUX DE LA MOULE BLEUE (*MYTILUS* SPP.) A DES MELANGES REALISTES DE PFAS

Les substances per- and poly-fluoroalkylées (PFAS) regroupent plus de 4700 composés synthétiques classés comme contaminants émergents en raison de leur omniprésence et de leurs effets écotoxicologiques [1]. Depuis les années 2000, des mesures réglementaires limitent la production et l'utilisation de certains PFAS (e.g. PFOS et PFOA) en raison de leurs propriétés persistantes, bioaccumulables et toxiques [2]. Cependant, leurs effets à des concentrations environnementales sur les organismes marins restent peu étudiés, la plupart des études portant sur des expositions aiguës et à fortes concentrations [3]. Cette étude visait à évaluer les réponses physiologiques, biochimiques et moléculaires de moules bleues (*Mytilus* spp.)

exposées pendant 28 jours à un mélange de PFAS à des concentrations réalistes, administré par voie aqueuse ( $\Sigma$ [PFAS] = 140 ng/L) et/ou alimentaire ( $\Sigma$ [PFAS] = 2319 ng/g poids frais). Le mélange incluait plusieurs familles de PFAS (PFSA, PFCA, FTS, FTCA, FTAB, FASA, Alkyl-FOSAA, PFSA cyclique) et des longueurs de chaînes variables (C4 à C12). Les effets ont été évalués dans la glande digestive, les branchies et le manteau via une approche multi-biomarqueurs combinant des analyses d'expression génique (biotransformation, apoptose, métabolisme énergétique), des marqueurs biochimiques (stress oxydant, biotransformation, neurotoxicité), et un profilage lipidomique. La physiologie individuelle a été estimée par le taux de clairance.

Les résultats ont révélé des réponses biochimiques et moléculaires tissus-spécifiques et dépendantes du mode d'exposition aux PFAS. L'activité de la glutathion-S-transférase a significativement augmenté dans les branchies et diminué dans le manteau sous l'exposition combinée. L'expression du gène *cyp2* a également augmenté dans les branchies, suggérant leur rôle potentiel dans la biotransformation des PFAS. La régulation de l'expression des gènes apoptotiques a montré une sur-expression des gènes *caspase 8* et *p53* dans le manteau sous l'exposition alimentaire, et une sous-expression de *caspase 8* dans la glande digestive sous l'exposition combinée, indiquant une modulation des voies apoptotiques. En revanche, les activités de la superoxyde dismutase et de l'acétylcholinestérase sont restées inchangées dans les trois tissus, suggérant l'absence de stress oxydant et de neurotoxicité. L'exposition aux PFAS a également affecté le métabolisme énergétique, avec une sur-expression du gène codant pour l'ATP synthase (*atp*) dans les branchies et une sous-expression dans la glande digestive sous l'exposition combinée, traduisant des ajustements métaboliques contrastés. L'augmentation du taux de clairance sous cette même condition pourrait refléter une stimulation de l'activité alimentaire pour compenser des besoins énergétiques accrus. Enfin, des modifications du profil lipidique ont été observées, suggérant des réajustements du métabolisme lipidique pouvant représenter des stratégies de réponse aux PFAS. Ces analyses en cours permettront d'identifier d'éventuels biomarqueurs lipidiques spécifiques de l'exposition aux PFAS.

Dans l'ensemble, ces résultats mettent en évidence des stratégies biologiques complexes et tissu-dépendantes mises en place par *Mytilus* spp. face au stress induit par les PFAS. Ils soulignent l'importance d'intégrer les voies d'exposition multiples et les approches multi-niveaux pour évaluer l'impact réel de ces contaminants sur les organismes marins.

## Mots clés

PFAS ; *Mytilus* ; Concentrations environnementales ; Biotransformation ; Apoptose ; Métabolisme

## Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et la Région Pays de la Loire pour le financement du projet SPECTROBS, ainsi que le Master Conjoint Erasmus Mundus « Aquaculture, Environment and Society + » (ACES+) pour le financement du stage de Hiba Jasmin Visaliyil.

## Références

- [1] Organisation for Economic Co-operation and Development. 2018. Toward a new comprehensive global database of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs): Summary report on updating the OECD 2007 list of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs). [https://one.oecd.org/document/ENV/JM/MONO\(2018\)7/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/JM/MONO(2018)7/en/pdf)
- [2] Brennan, N. M., Evans, A. T., Fritz, M. K., Peak, S. A., & von Holst, H. E. 2021. Trends in the Regulation of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS): A Scoping Review. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010900>
- [3] Sinclair, G. M., Long, S. M., & Jones, O. A. H. (2020). What are the effects of PFAS exposure at environmentally relevant concentrations? <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127340>

Colleen GUINLE \* (1), Hiba Jasmin VISALIYIL (1), Victoria DELANNOY (2), Clément BARATANGE (1), Samuel BERTRAND (1), Catherine MUNSCHY (2), Yann AMINOT (2), Paul DELERIS (1), Laurence POIRIER (1), Aurore ZALOUK-VERGNOUX (1)

(1) Nantes Université, Institut des Substances et Organismes de la Mer, ISOMer, UR 2160, F-44-000 Nantes, France

(2) Ifremer, CCEM Contamination Chimique des Ecosystèmes Marins, F-44000, Nantes, France

Contact e-mail :

[colleen.guinle@univ-nantes.fr](mailto:colleen.guinle@univ-nantes.fr)