

ECOTOXICITE DES RAYONNEMENTS IONISANTS DANS UN CONTEXTE DE MULTIPOLLUTION : VERS UNE AMELIORATION DE L'EVALUATION DU RISQUE RADIOECOLOGIQUE

Olivier Simon¹, Frederic Alonzo¹, Béatrice Gagnaire¹, Olivier Geffard², Arnaud Chaumot², Emilie Réalis-Doyelle³, Christelle Lopes⁴, Olivier Armant¹, Nicolas Dubourg¹, Sandrine Frelon¹

¹ASNR, PSE ENV/SERPEN/LECO

²INRAE/RIVERLY/ECOTOX

³INRAE/CARTEL

⁴UCB Lyon 1/LBBE

olivier.simon@asnr.fr

Les approches actuelles pour évaluer le risque radiologique vis-à-vis des écosystèmes considèrent les effets des rayonnements ionisants (RI) de manière isolée, sans intégrer la complexité des expositions environnementales. Or, les organismes de l'environnement sont dans la réalité soumis simultanément à plusieurs facteurs de stress, incluant des polluants chimiques et diverses pressions environnementales. Malgré des avancées significatives en évaluation du risque chimique, les méthodologies permettant de prendre en compte les effets combinés des RI et d'autres stress environnementaux restent rares. De plus, le contexte de multipollution chimique régulièrement rencontré *in situ* nécessite désormais de prendre en compte les perturbations induites par le changement climatique, contribuant à l'augmentation globale des températures des écosystèmes aquatiques, ou des augmentations localisées dues aux rejets thermiques de certaines centrales nucléaires. En addition du stress thermique subi par les organismes, la température est également connue pour interagir avec les substances toxiques, en modifiant leur toxicocinétique ou leur toxicodynamique.

Ces éléments ont conduit l'ASNR à initier des recherches pour tester l'hypothèse selon laquelle l'écotoxicité des RI, en interaction avec un autre stress (thermique, contaminants chimiques), ne se limite pas à la simple addition des effets estimés pour chaque facteur de stress pris isolément.

Les travaux préliminaires ont concerné l'étude des effets combinés des stress ionisant et thermique sur les stades embryo-larvaires de poissons sauvages (truite arc-en-ciel, *Onchorynchus mykiss*, truite fario, *Salmo trutta*, omble chevalier, *Salvelinus alpinus*). Les paramètres phénotypiques tels que le taux de survie des œufs et des larves, le taux de malformation, le succès d'éclosion et la longueur des individus ont été mesurés pendant 100 jours pour 2 températures (5°C/optimale, 8.5°C/sublétale) et 3 débits de doses (contrôle, 10 µGy/h, 500 µGy/h). Comme attendu, l'augmentation de la température d'incubation des œufs a conduit à l'accélération du développement embryonnaire. La mortalité des embryons et des larves a uniquement été observée sous l'effet du stress thermique. Le double stress n'a pas conduit à une augmentation de la mortalité de ces 2 stades biologiques. En revanche, le traitement statistique suggère (i) des effets additifs de la température et des RI sur l'éclosion chez deux espèces de truites et sur la taille des ombles-chevalier mesurée à l'éclosion et (ii) des effets synergiques sur la longueur totale des larves, à la fois chez la truite fario (larves âgées de 14 à 18 jours) et l'omble-chevalier (larves âgées de 14 jours, figure 1). La croissance a été significativement impactée, indiquant que la combinaison des stress ionisant et thermique a modifié la physiologie des larves. Ces premiers résultats suggèrent une possible interaction synergique des stress ionisant et thermique. Les résultats de cette première étude

soulignent la nécessité de poursuivre les recherches afin d'affiner la compréhension des mécanismes d'interactions observés et d'en évaluer la possible généralisation à différentes espèces. L'approche adoptée combinera des expérimentations en laboratoire pour modéliser les relations dose-réponse, l'analyse des mécanismes d'action toxique et la prédiction des interactions dans des conditions écologiquement réalistes. Cette démarche sera appliquée non seulement à des espèces de salmonidés sensibles aux variations thermiques et de cyprinidés, mais aussi à des espèces modèles, notamment le poisson zèbre (*Danio rerio*) et le crustacé (*Gammarus fossarum*). Le consortium rassemble les compétences de modélisation (LBBE), d'expérimentation sur l'ensemble des modèles biologiques (INRAE Carrtel, INRAE Riverly, ASNR) et d'irradiation (ASNR) nécessaires à ce projet. Les données acquises permettront d'alimenter la méthodologie d'évaluation du risque radioécologique en prenant en compte le contexte de multipollution.

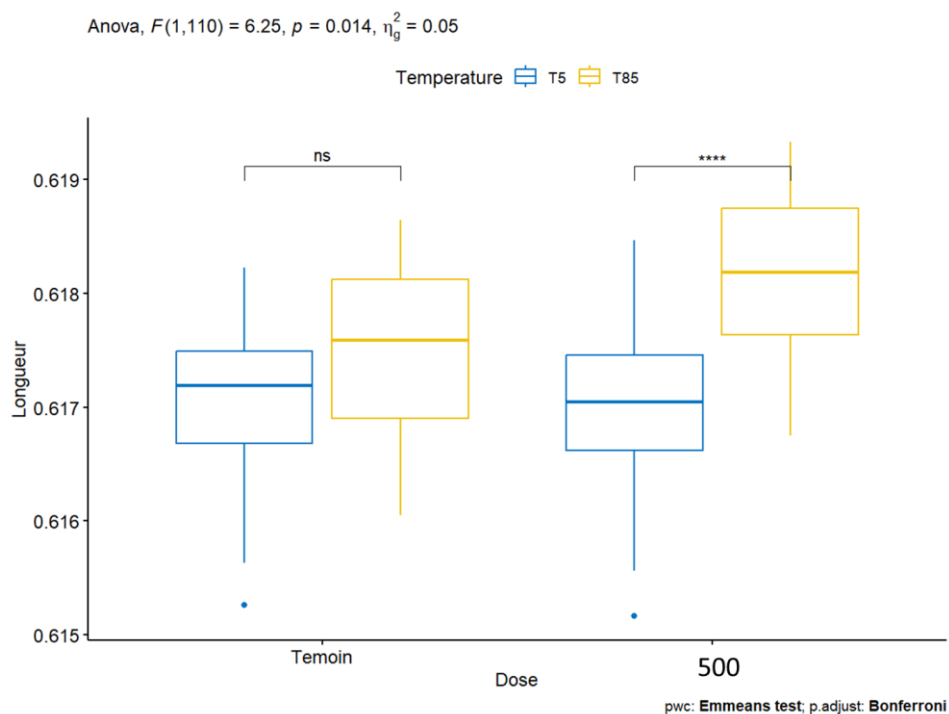


Figure 1. Longueur des larves d'omble chevalier oeillées âgées de 14 jours après exposition à l'irradiation gamma (500 $\mu\text{Gy/h}$) et au stress thermique (5°C/optimale, 8.5°C/sublétale) pendant 54 jours (ns : non statistiquement significatif, ****p value<0.001).