

## PREDIRE L'IMPACT DE CONTAMINATIONS MULTIPLES A L'ECHELLE POPULATIONNELLE A PARTIR DE MESURES DE BIOMARQUEURS LORS D'ENGAGEMENT D'EPINOCHÉ LE LONG DE L'AXE MEUSE.

### RESUME

Actuellement, la Directive Cadre sur l'Eau se base la mesure de concentrations unitaires d'une cinquantaine de substances chimiques pour évaluer l'état du milieu aquatique. Cependant, bien que comparées à des valeurs seuils issues de bioessais de laboratoire, ces analyses chimiques ne permettent pas d'évaluer la complexité toxique du mélange présent sur les sites étudiés. Afin de mieux percevoir les effets des cocktails de polluants présents dans l'environnement, l'utilisation en biosurveillance de batterie de biomarqueurs est une approche pertinente. En effet, les biomarqueurs seraient des indicateurs précoces de l'impact des contaminants sur les populations et les communautés et sont largement utilisés dans le milieu de la recherche. En revanche, l'absence de méthodologie éprouvée (choix de l'espèce, du type de biomarqueur d'attrait) et leurs difficultés d'interprétation les rende difficilement utilisables dans les programmes réglementaires de surveillance des milieux.

L'Ineris a participé à différents projets visant à standardiser l'utilisation des biomarqueurs dans les programmes de surveillance (projets SASHIMI, Biosurveillance, DIADeM ...) et à proposer des plages de variation naturelle. En parallèle, une modélisation des liens entre les réponses des biomarqueurs, les effets mesurés sur les individus et ceux sur la population a été initié, notamment pour les biomarqueurs liés à la reproduction.

Dans ce contexte, la thèse proposée souhaite améliorer l'opérationnalité des biomarqueurs en reliant les réponses biologiques précoces (biomarqueurs) obtenues sur le terrain aux effets sur les traits et performances des organismes, puis d'évaluer les conséquences de ses impacts pour la durabilité de la dynamique de population. Ce sujet de thèse prolonge les travaux sur les biomarqueurs liés à la reproduction et à la gestion de l'énergie, et étendra les approches aux paramètres de génotoxicité.

Concrètement, ce projet de thèse visera à mettre en relation les réponses des biomarqueurs obtenus lors d'une campagne de terrain (projet Interreg Orion) avec les réponses individuelles et populationnelles via des modèles de changement d'échelle. Cette tâche s'appuiera sur les modèles mathématiques de changement d'échelle développés à l'Ineris chez l'épinoche. En particulier, les modèles récemment développés qui ont permis de mettre en relation deux biomarqueurs de la reproduction avec des effets au niveau populationnel (relation entre quantité de spiggin et nidification chez le mâle ; relation entre la quantité de vitellogénine circulante et la fécondité chez les femelles).

Trois objectifs peuvent ainsi être identifiés :

- Evaluation des réponses des biomarqueurs à la suite d'une exposition *in situ* (engagement d'adultes)

- Confirmer et modéliser le lien existant entre les biomarqueurs sélectionnés et les traits d'histoire de vie associés (issus des données de terrain et de laboratoire)
- Prédire l'impact de contaminations multiples à l'échelle populationnelle à partir de mesures de biomarqueurs lors d'encagement d'épinoche le long de l'axe Meuse (issus des données de terrain).

L'étudiant participera aux campagnes de terrain programmées dans le cadre du projet Interreg Orion et améliorera les connaissances du lien entre biomarqueurs et trait d'histoire de vie lors de tests en condition contrôlée de laboratoire.

## DEROULEMENT DES TRAVAUX DE THESE (METHODOLOGIE, ETAPES CLEFS)

### Octobre 2025 – Avril 2026 :

- Recherche bibliographique sur le sujet et proposition méthodologique (octobre 2025 à mars 2026).
- Etudier le lien biomarqueur et trait d'histoire de vie sur les données énergétiques (données produites lors d'un projet précédent) et les marqueurs de reproduction (premières données produites lors d'un projet précédent).
- Encagement terrain (Mars 2026) et exposition in vitro des spermatozoïdes avant fécondation in vitro (Avril 2026)

### Avril 2026 – Décembre 2026

- Lien entre biomarqueur – trait d'histoire de vie (avril à mai 2026) : essai des comètes, SCSA, Qualité des œufs, survie œufs/larve/juveniles, qualité des spermatozoïdes.
- Participer à la seconde campagne d'échantillonnage (octobre 2026)
- Analyse des biomarqueurs d'intérêt (énergétique/reprotoxique/génotoxique - octobre 2026).
- Application et amélioration des modèles de changement d'échelle aux données issues des analyses de terrain (projet Interreg ORION – mai 2026 à mars 2027).

**Janvier 2027 – Avril 2028.** Intégration de l'ensemble des résultats obtenus dans un modèle DEB-IBM (Modèle développé lors de travaux précédents)

**Avril 2028 – Septembre 2028.** Valorisation scientifique et écriture du manuscrit (5 mois).

## PROFIL RECHERCHE

Ecole d'ingénieur ou Master II : (i) Ecotoxicologie, toxicologie et/ou santé environnement ou (ii) Biostatisticien / Biomathématicien avec de bonnes connaissances en écologie / toxicologie. Le candidat devra avoir un goût prononcé pour la programmation informatique.

## LABORATOIRE D'ACCUEIL

La thèse se déroulera au sein de l'unité ESMI de l'INERIS (Verneuil-en-Halatte, à 60 km de Paris Nord) en collaboration avec l'unité TEAM. L'INERIS dispose de l'intégralité des plateformes techniques nécessaires à la réalisation de ce projet de thèse. La thèse sera soutenue financièrement à 100% par l'INERIS qui emploiera le ou la doctorant.e en CDD pendant toute la durée de la thèse.

## MODALITES DE CANDIDATURE

Pour postuler les candidats doivent envoyer par mail à [remy.beaudouin@ineris.fr](mailto:remy.beaudouin@ineris.fr) et [Anne.Bado-Nilles@ineris.fr](mailto:Anne.Bado-Nilles@ineris.fr) avant le **5/05/2025** :

- un CV
- une lettre de motivation
- au moins une lettre de recommandation de la part d'un responsable de formation ou de précédents encadrants
- un relevé de notes de Master ou équivalent