

OFFRE DE STAGE

Modeling Combined Effects of PFOS and Temperature on Energy Budgets in Solea solea

Lieu : Verneuil-en-Halatte (60) - accessible en transports en commun, à 40 mn au Nord de Paris

Type de contrat : stage

Contact : Adriana Sardi (MIV/ETES)

Ce stage peut être réalisé en français ou en anglais / This internship can be done in French or English.

Version française

Structure d'accueil : l'unité d'Expertise en Toxicologie/Ecotoxicologie des Substances (ETES) participe à des projets visant à développer des méthodes pour améliorer la réglementation environnementale et la protection de l'homme et des écosystèmes contre les composés toxiques.

Contexte et Objectifs :

Comprendre comment les facteurs de stress environnementaux interagissent pour affecter les organismes aquatiques est une préoccupation majeure en écotoxicologie (Sardi et al., 2021). La sole (*Solea solea*), espèce d'importance écologique et commerciale dans les eaux côtières européennes, est de plus en plus exposée à des polluants tels que le perfluorooctane sulfonate (PFOS), en plus de facteurs naturels comme le stress thermique.

Ce projet s'appuie sur deux études antérieures ayant testé des méthodologies d'élevage de larves de sole en laboratoire (Sardi et al., 2023 ; Sardi et al., 2025), ainsi que sur l'utilisation des données générées sur la croissance larvaire pour intégrer ce stade dans la calibration de modèles DEB (Sardi, Marn et al., 2023 ; Mounier et al., 2020).

Bien que les effets toxicologiques aient été bien caractérisés expérimentalement, une compréhension mécanistique au niveau physiologique reste à développer. Les données disponibles pour ce projet incluent la croissance et la survie de larves exposées au PFOS dans des conditions expérimentales, données adaptées à la calibration d'un modèle DEBtox, un modèle toxicocinétique-toxicodynamique (TKTD) basé sur la théorie du budget énergétique dynamique (DEB).

Les paramètres du modèle DEBtox permettent de décrire de manière mécanistique comment les substances toxiques affectent les processus physiologiques. Le candidat calibrera donc le modèle à partir des données expérimentales afin d'établir un lien quantitatif entre

l'exposition au PFOS et les effets biologiques observés (croissance, développement, survie). Ce projet de mémoire évaluera également l'influence combinée de la température et du PFOS sur le budget énergétique de l'espèce, offrant une approche intégrative des facteurs de stress multiples.

Objectifs :

- Calibrer un modèle DEBtox à partir de données d'expériences d'exposition au PFOS sur *Solea solea*.
- Estimer les paramètres toxicocinétiques et toxicodynamiques pertinents pour les réponses aux stades précoces de développement.
- Explorer comment la température module la toxicité du PFOS via les processus d'allocation énergétique basés sur le DEB.
- Contribuer à l'amélioration des modèles prédictifs pour l'évaluation des risques chimiques dans des scénarios de changement climatique.

Profil du Candidat :

Nous recherchons un(e) étudiant(e) motivé(e) par la modélisation computationnelle, la biologie des systèmes ou l'écotoxicologie.

- **Essentiel** : Intérêt pour la programmation et la calibration de modèles (de préférence en R ou Python).
- **Souhaité** : Connaissances préalables en théorie DEB et en analyse de données toxicologiques.
- **Encadrement** : Un accompagnement sera fourni sur la théorie DEB, la mise en œuvre du modèle et l'interprétation des résultats.

Compétences :

- Travail en équipe
- Analyse des résultats
- Autonomie, capacités rédactionnelles
- Anglais technique et scientifique

Résultats Attendus :

- Un modèle DEBtox calibré pour *Solea solea* sous exposition au PFOS.
- Des éclairages sur l'interaction entre température et toxicité chimique.
- Un rapport de stage (redigé en préférence en anglais) contribuant à une écotoxicologie plus mécanistique et prédictive, en cohérence avec les approches alternatives (NAMs) et les objectifs d'évaluation des risques environnementaux.

DIVERS

Durée du stage : (4 à) 6 mois. Le stage pourra débuter à partir de début février, mais un début plus tardif est possible. Il bénéficiera d'une gratification au taux légal.

Contact : Le ou la stagiaire intéressé.e.s peuvent envoyer leur CV et lettre de motivation à
Adriana Sardi : adriana.sardi@ineris.fr

Ce poste est ouvert aux personnes en situation de handicap.

MASTER THESIS SUBJECT

Modeling Combined Effects of PFOS and Temperature on Energy Budgets in Solea solea

Publication date:

Location : Verneuil-en-Halatte (60) - – accessible with public transport, 40' north of Paris
Type de contrat: stage (master thesis internship)

Contact: Adriana Sardi (MIV/ETES) adriana.sardi@ineris.fr

English version

Institution: The ETES unit (for Expertise in Toxicology/Ecotoxicology of Substances) participates in projects aiming to develop methods for improving environmental regulation and protecting humans and ecosystems from toxic compounds.

Context and Background:

Understanding how environmental stressors interact to affect aquatic organisms is a pressing concern in ecotoxicology (Sardi et al., 2021). The sole (*Solea solea*), a species of ecological and commercial importance in European coastal waters, is increasingly exposed to pollutants such as perfluorooctane sulfonate (PFOS), alongside natural stressors like temperature stress.

This project builds upon two previous studies that tested methodologies for rearing sole larvae species in laboratory settings (Sardi et al., 2023; Sardi et al., 2025) and the use of the generated data on larval growth to incorporate the larval stage into the calibration of DEB models (Sardi, Marn et al., 2023; Mounier et al., 2020).

While toxicological outcomes were well-characterised experimentally, a mechanistic understanding at the physiological level remains to be fully developed. The data available for this project incorporates the growth and survival of larvae exposed under experimental conditions to PFOS, data that is suitable for the calibration of a DEBtox model, a toxicokinetic-toxicodynamic (TKTD) model based on Dynamic Energy Budget (DEB) theory

DEBtox model parameters can describe how toxicants impact physiological processes mechanistically. Thus, the candidate will calibrate the model using experimental data to quantitatively link exposure to PFOS with observed biological effects (e.g., growth, development, survival). This master thesis project will also evaluate the combined influence of temperature and PFOS on the species' energetic budget, offering an integrative approach to multiple stressors.

Objectives:

- Calibrate a DEBtox model using data from PFOS exposure experiments on *Solea solea*.
- Estimate toxicokinetic and toxicodynamic parameters relevant to early-life stage responses.
- Explore how temperature modulates PFOS toxicity via DEB-based energy allocation processes.
- Contribute to refining predictive models for chemical risk assessment under climate change scenarios.

PROFIL

We seek a motivated student interested in computational modelling, systems biology, or ecotoxicology.

- **Essential:** Interest in programming and model calibration (preferably in R or Python).
- **Desirable:** Prior exposure to Dynamic Energy Budget (DEB) theory and toxicological data analysis.
- **Support:** Guidance will be provided in DEB theory, model implementation, and interpretation of results.

Skills

- Ability to work in a team
- Ability to analyse results
- Autonomy, writing skills
- Technical and scientific English

Expected Outcomes:

- A calibrated DEBtox model for *Solea solea* under PFOS exposure.
- Insights into how temperature may interact with chemical toxicity.
- A thesis contributing to more mechanistic and predictive ecotoxicology, in alignment with NAMs and environmental risk assessment goals.

DIVERS

The internship will last between 4 and 6 months. The internship could start at the beginning of February, but a later start is possible.

The candidate will receive a salary at the legal rate.

Contact and application: Interested candidates can send their CV and an motivation letter to adriana.sardi@ineris.fr.

References

Sardi, A. E., Bégout, M.-L., Lalles, A., Cousin, X., & Budzinski, H. (2023). Temperature and feeding frequency impact the survival , growth , and metamorphosis success of *Solea solea* larvae. *PLoS ONE*, 18(3), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281193>

Sardi, A. E., Omingo, L., Bégout, M. L., Cousin, X., & Manchado, M. (2025). What can go wrong for future Senegalese sole recruitment? Temperature and food availability as important

drivers of early-life-history traits. *Marine Environmental Research*, 209(April).
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107201>

Sardi, A. E., Moreira, J. M., Omingo, L., Cousin, X., Bégout, M., Manchado, M., & Marn, N. (2023). Simulating the Effects of Temperature and Food Availability on True Soles (*Solea* spp .) Early-Life History Traits : A Tool for Understanding Fish Recruitment in Future Climate Change Scenarios. *Fishes*, 8(68), 1–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/fishes8020068> Academic

Sardi, A. E., Bégout, M.-L., Cousin, X., Labadie, P., Loizeau, V., & Budzinski, H. (2021). A review of the effects of contamination and temperature in *Solea solea* larvae. Modeling perspectives in the context of climate change. *Journal of Sea Research*, 176(October 2020), 102101Journal of Sea Research. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2021.102101>

Mounier, F., Pecquerie, L., Lobry, J., Sardi, A. E., Labadie, P., Budzinski, H., & Loizeau, V. (2020). Dietary bioaccumulation of persistent organic pollutants in the common sole *Solea solea* in the context of global change. Part 1: Revisiting parameterisation and calibration of a DEB model to consider inter-individual variability in experimental and natura. *Ecological Modelling*, 433(June), 109224. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109224>