



LABORATOIRE
INTERDISCIPLINAIRE
DES ENVIRONNEMENTS
CONTINENTAUX



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

Offre de thèse

[English version below]

Développement de la biosurveillance active chez les plantes aquatiques

Contexte

L'évaluation des risques environnementaux liés aux polluants chimiques (pesticides, métaux, etc...) repose aujourd'hui essentiellement sur l'utilisation d'essais normalisés de laboratoire. Une limite forte est que cette démarche ne reflète pas la réalité environnementale qui présente une contamination multiple, avec des fréquences et des intensités variables. En même temps, il existe une demande forte pour une biosurveillance plus efficiente, en réponse aux diverses directives telles que la DCE (Directive Cadre d'Eau), la réglementation UE REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), la directive sur les émissions industrielles (IED) ou encore le plan Ecophyto (France). Toutes visent à mieux protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques liés aux substances chimiques.

De nombreux travaux ont été développés chez les poissons et les macro-invertébrés (amphipodes et bivalves) pour les utiliser comme organismes tests dans l'évaluation de la toxicité des milieux aquatiques. Ces approches reposent le plus souvent sur la mesure de biomarqueurs chez des individus prélevés directement dans les milieux, mais également la mesure de biomarqueurs et de traits d'histoire à l'aide d'organismes exposés directement dans les milieux (encagement). La biosurveillance active, via l'encagement d'organismes, a récemment montré sa pertinence pour une meilleure surveillance et évaluation de la qualité des milieux aquatiques. Elle offre la possibilité de contrôler l'exposition, la source des organismes tests et ainsi limiter l'effet de facteurs confondants sur la mesure de réponses biologiques.

Bien que les plantes aquatiques supérieures aient un rôle essentiel dans le fonctionnement des milieux aquatiques, leur réponse à la pollution chimique et les effets toxiques associés sont très peu connus et étudiés sur le terrain. Aujourd'hui, le groupe des plantes aquatiques immergées a été inclus dans 2 tests normalisés pour *Myriophyllum spicatum* [1,2], mais il n'existe pas de méthodologie de biosurveillance active permettant d'étudier la réponse de ces organismes exposés directement dans les milieux.

Le projet de thèse proposé vise à développer de nouvelles approches de biosurveillance active chez les plantes aquatiques immergées pour évaluer la toxicité des milieux. Les objectifs principaux sont

- De développer et valider des approches de biosurveillance active avec les plantes aquatiques immergées et enracinées afin de pouvoir tester une exposition via l'eau et le sédiment, directement sur le terrain
- De développer des approches de détection non-destructive des effets de polluants chimiques sur une plante aquatique modèle retenue (en principe le *M. spicatum*).



LABORATOIRE
INTERDISCIPLINAIRE
DES ENVIRONNEMENTS
CONTINENTAUX



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

La ou le candidat devra d'une part conduire des tests d'exposition de plantes aquatiques à différents contaminants afin de mieux comprendre et évaluer les effets sur la plante. D'autre part, la ou le candidat devra contribuer au développement de méthodes d'imagerie et mettre en œuvre ces techniques de mesure pour suivre l'état du milieu.

Ce projet est innovant car il va (1) répondre à la forte demande de biosurveillance active pour les végétaux aquatiques et (2) reposer sur des techniques originales et innovantes pour établir une méthode non-destructive de détection du stress (dommages visuels) chez le *M. spicatum*.

Le 2^e objectif de ce sujet de thèse proposé s'intègre parfaitement dans les discussions en cours à l'EFSA (European Food Safety Authority), qui a déclaré que les critères d'évaluation qualitative des dommages visuels chez les plantes telles que la nécrose, la chlorose, etc. devraient être pris en compte dans l'évaluation des risques [3-5].

L'utilisation des analyses hyperspectrales à petit échelle, comme la feuille d'une plante, s'est développée les dernières années [6,7] et offre de nouvelles perspectives dans l'évaluation de l'impact de la pollution chimique des milieux aquatiques sur les plantes aquatiques. Le *M. spicatum* est un bon modèle pour cette mise au point car elle est connue pour répondre de façon spécifique à certains polluants (empreinte chimique spécifique) [8,9] mais aussi d'autres facteurs de stress environnementaux [10,11]. Le projet s'inscrit à l'interface entre l'écotoxicologie et l'écologie chimique des végétaux en milieux aquatique.

Pour plus d'information sur le sujet vous pouvez contacter Elisabeth Gross (gross5@univ-lorraine.fr).

Laboratoire d'accueil

Le LIEC, Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, est une UMR Université de Lorraine - CNRS répartie sur 3 sites (un à Metz, deux à Nancy) et regroupant près de 80 personnels permanents et autour de 40 non-permanents (CDD, doctorants, postdoctorants). Il dépend des instituts CNRS Terre & Univers et Écologie & Environnement, et est rattaché au pôle OTELo (Observatoire Terre et Environnement de Lorraine). Le projet sera réalisé principalement sur le site de Metz. Le LIEC regroupe une part importante des forces lorraines en sciences de l'environnement (liec.univ-lorraine.fr).

Profil du / de la candidat(e)

Master en sciences environnementales (aquatiques), écotoxicologie, écophysiologie ou biologie végétale, ou équivalent.

- Solides connaissances en écotoxicologie, écologie et/ou écophysiologie végétale, préférablement en milieu aquatique, démontrées par un diplôme en master (acquis ou en dernière année).
- Bonnes connaissances des outils expérimentaux et d'analyse de données. Capacité à concevoir, conduire et interpréter des expérimentations scientifiques.
- Etudiant(e) motivé(e), dynamique et intéressé(e), appréciant le travail en équipe et sachant faire preuve d'autonomie.
- Excellentes aptitudes rédactionnelles et de communication scientifique, en français et en anglais, pour la rédaction d'articles et la présentation des résultats.



Candidature

Les candidatures doivent contenir (1) 1 CV détaillé, (2) une lettre de motivation, (3) les notes de master ou l'équivalent et une copie du diplôme si disponible, (4) les adresse mails de deux personnes référents (responsable de Master et tuteur/tutrice de stage M2, M1), (5) si disponible, un mémoire de stage de recherche et/ou une publication.

Le dossier de candidature complet doit être soumis via ADUM (<https://adum.fr/>), offre n° 66187, avec une copie à Elisabeth Gross (elisabeth-maria.gross@univ-lorraine.fr) et Manuel Pelletier (manuel.pelletier@univ-lorraine.fr).

Merci d'envoyer / déposer votre candidature dès que possible, et avant le 10 juin 2025. Si votre candidature est retenue, vous serez contacté pour un entretien mi-/fin juin 2025 (en présentiel ou par visio-conférence).

Le début du contrat sera le 1 octobre ou 1 novembre 2025, pour une durée de 3 ans.

Références

- [1] OECD (2014). TG 238: Sediment-free *Myriophyllum spicatum* toxicity test. <https://doi.org/10.1787/9789264224131-en>.
- [2] OECD (2014). TG 239: Water-sediment *Myriophyllum spicatum* toxicity test. <https://doi.org/10.1787/9789264224155-en>.
- [3] Fellmann, S., A. Duffner, A. Kirkwood, P. Lopez-Mancisidor, J. Arnie, H. Krueger, G. du Hoffmann, J. Wolf, G. Kraetzig, T. Springer and R. Isemer (2024). Reproducibility, reliability, and regulatory relevance of plant visual injury assessments. *Integrated Environmental Assessment and Management* 20(4): 915-923. <https://doi.org/10.1002/ieam.4855>
- [4] European Food Safety Authority (EFSA). (2014). Panel on plant protection products and their residues (PPR). Scientific opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for nontarget terrestrial plants. *EFSA Journal*, 12(7), 3800.
- [5] European Food Safety Authority (EFSA). (2019). Outcome of the pesticides peer review meeting on general recurring issues in ecotoxicology. *EFSA Journal*, 16(7), 1673E.
- [6] Dmitriev, P., B. Kozlovsky, T. Minkina, V. D. Rajput, T. Dudnikova, A. Barbashev, M. A. Ignatova, O. A. Kapralova, T. V. Varduni, V. K. Tokhtar, E. P. Tarik, İ. Akça and S. Sushkova (2023). Hyperspectral imaging for small-scale analysis of *Hordeum vulgare* L. leaves under the benzo[a]pyrene effect. *Environmental Science and Pollution Research* 30(55): 116449-116458. [10.1007/s11356-022-19257-0](https://doi.org/10.1007/s11356-022-19257-0)
- [7] Zhai, Y., L. Zhou, H. Qi, P. Gao and C. Zhang (2023). Application of Visible/Near-Infrared Spectroscopy and Hyperspectral Imaging with Machine Learning for High-Throughput Plant Heavy Metal Stress Phenotyping: A Review. *Plant Phenomics* 5: 0124. <https://doi.org/10.34133/plantphenomics.0124>
- [8] Gross, E. M., A. Nuttens, D. Paroshin and A. Hussner (2018). Sensitive response of sediment-grown *Myriophyllum spicatum* L. to arsenic pollution under different CO₂ availability. *Hydrobiologia* 812(1): 177-191. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2956-7>
- [9] Nuttens, A., S. Chatellier, S. Devin, C. Guignard, A. Lenouvel and E. M. Gross (2016). Does nitrate co-pollution affect biological responses of an aquatic plant to two common herbicides? *Aquatic Toxicology* 177: 355-364. [10.1016/j.aquatox.2016.06.006](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.06.006)
- [10] Fornoff, F. and E. M. Gross (2014). Induced defense mechanisms in an aquatic angiosperm to insect herbivory. *Oecologia* 175(1): 173-185. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2880-8>
- [11] Gross, E. M. (2022). Aquatic chemical ecology meets ecotoxicology. *Aquatic Ecology* 56(2): 493-511. <https://doi.org/10.1007/s10452-021-09938-2>



LABORATOIRE
INTERDISCIPLINAIRE
DES ENVIRONNEMENTS
CONTINENTAUX



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

PhD Thesis Offer:

Development of active biomonitoring in aquatic plants

Context

Assessment of the environmental risks associated with chemical pollutants (pesticides, metals, etc.) is currently based essentially on the use of standardised laboratory tests. A major limitation of this approach is that it does not reflect environmental complexity, characterised by multiple contamination, with varying frequencies and intensities. At the same time, there is a strong demand for more efficient biomonitoring, in response to various directives such as the WFD (Water Framework Directive), the EU REACH regulation (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), the Industrial Emissions Directive (IED) and the French programme "Ecophyto". All these directives and regulations aim to better protect human health and the environment against the risks associated with chemical substances.

Considerable development has been already carried out on fish and macroinvertebrates (amphipods and bivalves) to use them as test organisms in assessing the toxicity of aquatic environments. These approaches are mostly based on the measurement of biomarkers in individuals taken directly from the environment, but also the measurement of biomarkers and history traits using organisms exposed directly in the environment via caging. Active biomonitoring, via the caging of organisms, has recently demonstrated its relevance to better monitoring and assessment of the quality of aquatic environments. It offers the possibility of controlling exposure and the source of test organisms, and thus limiting the effect of confounding factors on the measurement of biological responses.

Although higher aquatic plants play an essential role in the functioning of aquatic environments, very little is known about their response to chemical pollution and the associated toxic effects, and very little has been studied in the field. At present, the group of submerged aquatic plants has been included in 2 standardised tests for *Myriophyllum spicatum* [1,2], but there is no active biomonitoring methodology that allows studying the response of these organisms exposed directly in the environment.

The aim of the proposed PhD project is to develop new active biomonitoring approaches in submerged aquatic plants to assess environmental toxicity. The main objectives are:

- To develop and validate active biomonitoring approaches with submerged, rooted aquatic plants to be able to test an exposition to pollutants via water and sediment, directly in the field.
- To develop approaches for the non-destructive detection of the effects of chemical pollutants on a selected model aquatic plant (in principle *M. spicatum*).



LABORATOIRE
INTERDISCIPLINAIRE
DES ENVIRONNEMENTS
CONTINENTAUX



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

The candidate will have to carry out exposure tests on aquatic plants to various contaminants for a better understanding and assessment of pollutant effects on the plant. Further, the candidate will be expected to contribute to the development of imaging methods and implement these measurement techniques to monitor the state of the environment via aquatic plants.

This project is innovative because it will (1) meet the strong demand for active biomonitoring for aquatic plants and (2) use original and innovative techniques to establish a non-destructive method for detecting stress (visual damage) in *M. spicatum*.

The 2nd objective of this proposed thesis fits in perfectly with the current discussions at the EFSA (European Food Safety Authority), which has stated that qualitative assessment criteria for visual damage in plants such as necrosis, chlorosis, etc. should be taken into account in risk assessment [3-5].

The use of hyperspectral analysis could be one solution for non-destructive analysis of visual injury. The application of this technique on a small scale, such as the leaf of a plant, has developed in recent years [6,7] and offers new prospects for assessing the impact of chemical pollution of aquatic environments on aquatic plants. *M. spicatum* is a good model for this development because it is known to respond specifically to certain pollutants (specific chemical fingerprint) [8,9] but also to other environmental stress factors [10,11]. The project is positioned at the interface between the ecotoxicology and chemical ecology of plants in aquatic environments.

For more information on this subject, please contact Elisabeth Gross (gross5@univ-lorraine.fr).

Host laboratory

The LIEC, Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, is a joint research unit linked with Université de Lorraine and CNRS. Its laboratories are at three sites (one in Metz, two in Nancy), with about 80 permanent staff and around 40 non-permanent staff (fixed-term contracts, PhD students, post-docs). It is part of the CNRS Earth & Space and Ecology & Environment institutes, and is attached to the OTELo cluster (Observatoire Terre et Environnement de Lorraine). The project will be carried out mainly at the Metz site. The LIEC brings together a major part of Lorraine's strengths in environmental sciences (liec.univ-lorraine.fr).

Candidate profile

Master's degree in environmental sciences (aquatic), ecotoxicology, ecophysiology or plant biology, or equivalent.

- Sound knowledge in plant ecotoxicology, ecology and/or ecophysiology, preferably for the aquatic environment, demonstrated by a Master's degree (acquired or in final year).
- Good knowledge of experimental and data analysis tools. Capability to design, conduct and interpret scientific experiments.



- Excellent scientific writing and communication skills, in French and English, for writing articles and presenting results.
- We are looking for a highly motivated, dynamic and involved student who enjoys working in a team and is able to work independently.

Application

Applications must include (1) a detailed CV, (2) a letter of motivation, (3) master's grades or equivalent and a copy of the diploma if available, (4) the e-mail addresses of two referees (Master supervisor and M2, M1 internship tutor), (5) if available, a research internship dissertation and/or publication.

The full application should be submitted via ADUM (<https://adum.fr/>), offer nr. 66187 with a copy to Elisabeth Gross (elisabeth-maria.gross@univ-lorraine.fr) and Manuel Pelletier (manuel.pelletier@univ-lorraine.fr).

Please send / submit your application as soon as possible, and before June 10, 2025. If your application is successful, you will be contacted for an interview that will take place mid/late June 2025 (in person or by videoconference).

The contract will start on 1 October or 1 November 2025, for a period of 3 years.

Références

- [1] OECD (2014). TG 238: Sediment-free *Myriophyllum spicatum* toxicity test. <https://doi.org/10.1787/9789264224131-en>.
- [2] OECD (2014). TG 239: Water-sediment *Myriophyllum spicatum* toxicity test. <https://doi.org/10.1787/9789264224155-en>.
- [3] Fellmann, S., A. Duffner, A. Kirkwood, P. Lopez-Mancisidor, J. Arnie, H. Krueger, G. du Hoffmann, J. Wolf, G. Kraetzig, T. Springer and R. Isemer (2024). Reproducibility, reliability, and regulatory relevance of plant visual injury assessments. *Integrated Environmental Assessment and Management* 20(4): 915-923. <https://doi.org/10.1002/ieam.4855>
- [4] European Food Safety Authority (EFSA). (2014). Panel on plant protection products and their residues (PPR). Scientific opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for nontarget terrestrial plants. *EFSA Journal*, 12(7), 3800.
- [5] European Food Safety Authority (EFSA). (2019). Outcome of the pesticides peer review meeting on general recurring issues in ecotoxicology. *EFSA Journal*, 16(7), 1673E.
- [6] Dmitriev, P., B. Kozlovsky, T. Minkina, V. D. Rajput, T. Dudnikova, A. Barbashev, M. A. Ignatova, O. A. Kapralova, T. V. Varduni, V. K. Tokhtar, E. P. Tarik, İ. Akça and S. Sushkova (2023). Hyperspectral imaging for small-scale analysis of *Hordeum vulgare* L. leaves under the benzo[a]pyrene effect. *Environmental Science and Pollution Research* 30(55): 116449-116458. [10.1007/s11356-022-19257-0](https://doi.org/10.1007/s11356-022-19257-0)
- [7] Zhai, Y., L. Zhou, H. Qi, P. Gao and C. Zhang (2023). Application of Visible/Near-Infrared Spectroscopy and Hyperspectral Imaging with Machine Learning for High-Throughput Plant Heavy Metal Stress Phenotyping: A Review. *Plant Phenomics* 5: 0124. <https://doi.org/10.34133/plantphenomics.0124>
- [8] Gross, E. M., A. Nuttens, D. Paroshin and A. Hussner (2018). Sensitive response of sediment-grown *Myriophyllum spicatum* L. to arsenic pollution under different CO₂ availability. *Hydrobiologia* 812(1): 177-191. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2956-7>
- [9] Nuttens, A., S. Chatellier, S. Devin, C. Guignard, A. Lenouvel and E. M. Gross (2016). Does nitrate co-pollution affect biological responses of an aquatic plant to two common herbicides? *Aquatic Toxicology* 177: 355-364. [10.1016/j.aquatox.2016.06.006](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.06.006)
- [10] Fornoff, F. and E. M. Gross (2014). Induced defense mechanisms in an aquatic angiosperm to insect herbivory. *Oecologia* 175(1): 173-185. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2880-8>
- [11] Gross, E. M. (2022). Aquatic chemical ecology meets ecotoxicology. *Aquatic Ecology* 56(2): 493-511. <https://doi.org/10.1007/s10452-021-09938-2>