

Contexte et objectifs : La contamination des cours d'eau dépend fortement de l'hydrologie des bassins versants, en particulier dans un contexte d'agrosystèmes artificiellement drainés par des réseaux de tuyaux enterrés. En effet, ces réseaux constituent une voie de transfert rapide de contaminants organiques et métalliques de la parcelle vers les masses d'eau. Par exemple, des travaux d'équipe ont montré que les herbicides épandus en été et en automne atteignent l'hydrosphère essentiellement à la reprise du drainage (en automne) tandis que les transferts de fongicides se font majoritairement lors des pluies printanières (Tournebize et al. 2017). Ces transferts sont susceptibles d'altérer la qualité des masses d'eau et menacent ainsi la biodiversité des eaux douces (déclins de populations, altérations structurelles de communautés et de fonctions écologiques comme la décomposition de la litière) (Schäfer 2019). Le diagnostic précoce de l'état de santé des populations sauvages est donc crucial pour prévenir de graves altérations écologiques dans les hydrosystèmes impactés par l'agriculture.

A ces fins, différents outils basés sur des réponses sub-létales ont été développés chez un ingénieur d'écosystème ubiquiste des cours d'eau, le gammare. Au niveau cellulaire, des biomarqueurs biochimiques impliqués dans ses fonctions vitales (ex. digestion, mue) ou dans le stress cellulaire ont été proposés comme événements déclencheurs précoces de toxicité pour divers contaminants métalliques et organiques (Lebrun et al. 2017, Lebrun et al. 2021). Au niveau individuel/de la population, les contaminants peuvent induire des changements comportementaux de l'animal (locomotion, alimentation, accouplement), lesquels constituent des réponses à l'interface entre processus physiologiques et écologiques. Ainsi, l'utilisation couplée de biomarqueurs multi-niveaux à travers une méthodologie dite de biosurveillance active (encagement et transplantation de populations contrôles) constitue ainsi une approche pertinente pour évaluer l'impact d'événements épisodiques de drainage intensif à différents niveaux de complexité biologique, de la cellule à l'écosystème. Néanmoins, des différences de sensibilités aux contaminants peuvent exister entre les deux espèces de gammars majoritaires du bassin de la Seine. Ainsi, *Gammarus pulex* étant plus enclin à se développer dans des cours d'eau agricoles que *G. fossarum*, pourrait limiter l'intérêt de cette espèce en tant que bioindicateur en raison d'une plus grande plasticité aux stress environnementaux (Shahid et al. 2018, Lebrun et al. 2020).

En tant qu'observatoire, le bassin expérimental d'Orgeval, instrumenté depuis 1962 pour le suivi continu des débits de surface a fait l'objet de travaux exploratoires pour évaluer l'état écologique des cours d'eau dans un contexte de drainage artificiel intensif (90% de la SAU). Ainsi, des relevés pluriannuels de biodiversité effectués depuis 2015 sur différents cours d'eau du bassin, focalisés sur les macroinvertébrés, ont permis de mettre en évidence des discontinuités écologiques le long du cours d'eau majeur (Axe Rognon). Ce cours d'eau présente une faible densité de macroinvertébrés voire quasi-nulle en sa partie amont contrairement à l'aval et à ses affluents (Ru de l'Etang et Ru des Loges). Une première campagne de biosurveillance effectuée en juin 2022 en déployant simultanément des gammars encagés et de sacs à litière sur l'axe Rognon et ses affluents a mis en lumière des impacts multi-niveaux (i.e. altérations des performances individuelles chez les gammars encagés, déplacements structurels des communautés associés à une baisse de la dégradation de litière), lesquels s'intensifiaient notamment le long de cet axe. Fort de ces constats, la colonisation par les macroinvertébrés et les fonctions écologiques le long de cet axe semblent réduites par une pression chronique, qui reste à identifier même si une pression d'origine agricole est suspectée (dégradation des habitats, pesticides, pression métallique...).

Ce projet de stage de M2 vise à tester la variabilité inter-espèces et la pertinence des biomarqueurs multi-niveaux pour évaluer l'écotoxicité de la saisonnalité des transferts de contaminants vers les cours d'eau dans un contexte d'un bassin versant agricole drainé, à savoir l'observatoire d'Orgeval (77). Ce projet s'appuiera sur la mise en place d'une instrumentation de deux confluences de l'axe Rognon et de leurs affluents (soit 6 stations de mesures). Cette instrumentation permettra un couplage de suivis chimique (pesticides et métaux), écotoxicologique (encagement de gammars) et écologique (sacs à litière), durant un cycle hydrologique de drainage complet (initié par l'équipe en automne 2022 et repris par le/la stagiaire).

Méthodologie :

- Déploiements de gammars calibrés issus de deux populations contrôles (*G. pulex* et *G. fossarum*) sur les 6 stations de mesure durant 2 semaines, incluant des périodes d'exposition critiques en lien avec des événements de drainage intensif, pour l'analyse de biomarqueurs multi-niveaux, i.e. biochimiques (digestion, mue, stress cellulaire...) et comportementaux (alimentation, accouplement, respiration et mobilité)
- Déploiements de sacs de litière (encagement de feuilles standardisées) simultanément aux encagements de gammars pour le suivi de la dégradation de litière *in situ* et caractérisation des macroinvertébrés piégés et de leurs traits fonctionnels

- Mesures de paramètres majeurs *in situ* (pH, conductivité, O₂, T°C...) et prélèvements d'eaux à chaque visite de sites pour analyse interne de la qualité de l'eau (ions, COD, C, N...)
- Caractérisation qualitative et quantitative des variations temporelles de l'exposome, en se focalisant sur les pesticides et métaux :

- Une centaine de pesticides fréquents seront analysés sur des eaux composites (prélèvements au pas de temps fixe pendant la période de biosurveillance) et dans des trappes à sédiments pour déterminer les flux de pesticides dissous et particulaires (analyses faites par un prestataire extérieur)
- En partenariat avec l'IPGP, les métaux lourds et les nanoparticules seront analysés dans les prélèvements d'eau et les niveaux de bioaccumulation des métaux seront quantifiés dans les gammars engagés.

Résultats attendus/perspectives : Ce stage nous renseignera sur des différences de sensibilité entre espèces emblématiques du bassin de la Seine afin d'évaluer leur pertinence comme bioindicateurs des milieux aquatiques impactés par l'agriculture. A terme, ce couplage de suivis hydrologique, écologique, écotoxicologique et chimique devraient permettre d'établir des liens *i*) entre impacts biologiques/écologiques et saisonnalité des transferts de contaminants dépendants des pratiques agricoles (p. ex. herbicide d'hiver, fongicide de printemps) et de l'hydrologie de ce bassin versant drainé et *ii*) entre événements cellulaires et répercussions écosystémiques. A ces fins, une thèse est en cours de montage.

Moyens mis à disposition :

- Expertise scientifique en écodynamique des contaminants et écotoxicologie des laboratoires partenaires (INRAE, Antony et IPGP, Paris)
- Bases de données (chroniques débits/pluvio, relevés de biodiversité...), accès bibliographiques, archives
- Logiciels d'exploitation statistique (R, XlStat)
- Identification des macroinvertébrés et fonctions réalisée par l'équipe technique (le/la stagiaire pourra s'impliquer dans cette partie en fonction de ses disponibilités)
- Labo écotox : pour les mesures des réponses biochimiques et comportementales
- Equipement du site d'Orgeval et accompagnement sur le terrain pour les déploiements

Travail demandé :

- bibliographie sur le sujet
- pêche et engagement de gammars pour la réalisation de transplantations
- mesures de biomarqueurs biochimiques et de traits comportementaux
- inventaire macroinvertébrés piégés dans les sacs à litière
- analyses statistiques des chroniques acquises et interprétations des résultats
- rédaction du rapport.

Profil recherché : Etudiant Master 2 en sciences de l'environnement, chimie de l'environnement, écologie et/ou écotoxicologie. Le travail demandé pour ce stage combine des travaux de terrain et de laboratoire sur des organismes vivants, et des analyses chimiques. Le candidat recherché doit être à l'aise au laboratoire (expérience antérieure souhaitée), volontaire pour travailler sur le terrain (temps variable), apte au travail en équipe et autonome.

Lieu du stage : INRAE Antony (92) : UR HYCAR–Equipe Artemhys (et échanges continus avec le laboratoire partenaire, co-encadrement avec l'IPGP de Paris)

Durée du stage : 6 mois ; début janvier/février

Contacts : jeremie.lebrun@inrae.fr ; hocine.henine@inrae.fr