

Synchronismes et antagonismes dans les relations entre environnement agricole, biodiversité, et fonctions écologiques dans les zones tampons humides artificielles

Synchronisms and antagonisms in the relationships between agricultural environment, biodiversity, and ecological functions in constructed wetlands

Alexandre MICHEL

Université Paris-Saclay, INRAE, HYCAR, CS 10030, 92761 Antony cedex, France

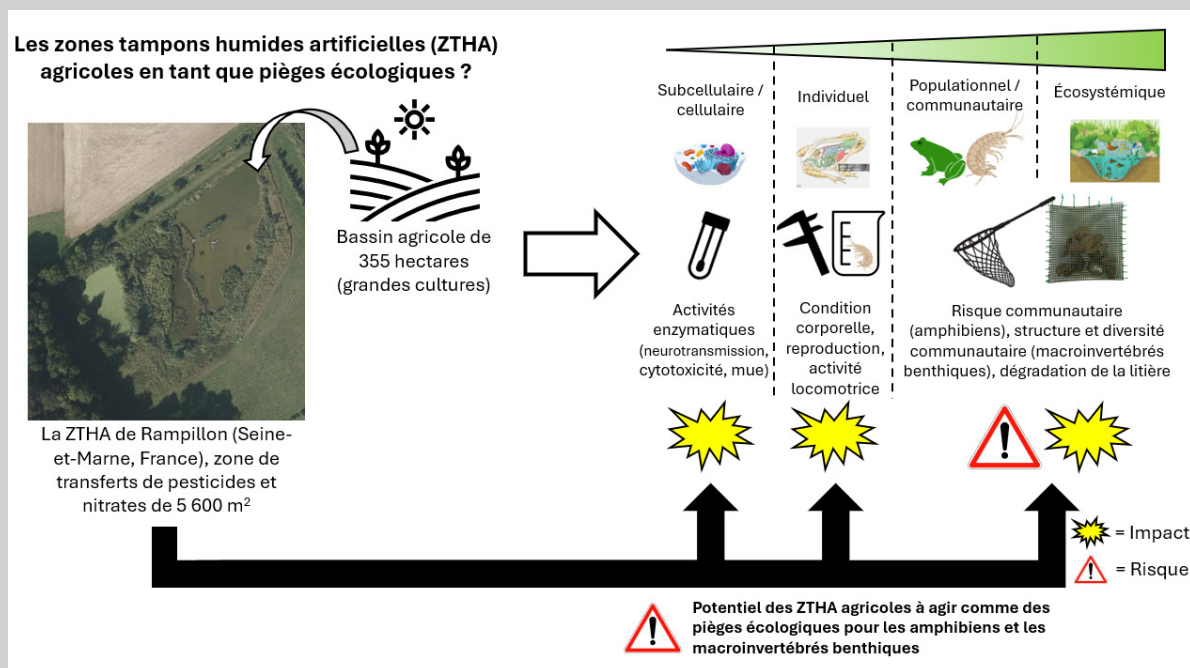
alexandre.michel.97@gmail.com

Liens vers une version électronique : <https://theses.fr/2025UPASB016> ou aussi <https://theses.hal.science/tel-05064563>

Soutenue publiquement, le 25/03/2025, à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) d'Antony devant Mesdames/Messieurs les membres du jury : François BRISCHOUX (président et examinateur), Aurélie GOUTTE (rapporteuse), Claude MIAUD (rapporteur), Simon DEVIN (examinateur), Florence HULOT (examinatrice), Julien TOURNEBIZE (directeur de thèse), Aliénor JELIAZKOV (co-encadrante), Jérémie LEBRUN (co-encadrant).

Mots-clés - Amphibiens, Biomarqueurs, Fonctions écosystémiques, Macroinvertébrés benthiques, Mares, Nitrates, Paysages agricoles, Pesticides, Risque, Zones tampons humides artificielles

Résumé graphique



Les contaminants d'origine agricole, incluant les pesticides et les nitrates, peuvent être transférés dans l'hydrosphère, notamment par ruissellement ou par l'intermédiaire des réseaux de drainage localisés sous la parcelle agricole, et perturber les organismes aquatiques, jusqu'au fonctionnement des hydroécosystèmes. Proposées comme des « solutions fondées sur la Nature », les zones tampons humides artificielles (ZTHA)

peuvent être implantées dans le paysage agricole afin de réduire les transferts et les concentrations des pesticides et des nitrates grâce à des propriétés épuratoires naturelles (e.g., photolyse, séquestration dans le sédiment, biodégradation). Cependant, en agissant comme des milieux intercepteurs de contaminants, les ZTHA sont susceptibles d'agir comme des pièges écologiques pour la faune aquatique et semi-aquatique. Cette thèse

s'intéresse spécifiquement au cas de la ZTHA agricole de Rampillon (Seine-et-Marne, France), site pilote sujet à un suivi continu de la qualité de l'eau depuis 2012, ainsi qu'à des suivis faunistiques réguliers depuis 2017. Plus particulièrement, cette thèse vise à déterminer le potentiel de la ZTHA de Rampillon à agir comme un piège écologique pour les amphibiens et les macroinvertébrés benthiques autochtones, en lien avec son rôle de milieu intercepteur de pesticides et de nitrates.

Pour répondre à cette problématique, des suivis écologiques et écotoxicologiques *in situ*, multi-taxons, multi-réponses, et multi-niveaux, ont été mis en place entre 2021 et 2023 dans la ZTHA de Rampillon et dans des mares de comparaison, en vue (i) d'évaluer le risque auquel fait face la communauté d'amphibiens autochtones face aux fluctuations temporelles des pesticides et nitrates dans la ZTHA, grâce à des inventaires faunistiques et à l'exploitation de la base de données de qualité de l'eau débutée en 2012, et d'évaluer les effets potentiels des pesticides et des nitrates, (ii) sur certains traits enzymatiques et morphologiques chez le Crapaud commun *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) et la Grenouille verte *Pelophylax* sp. (Fitzinger, 1843), par recours, notamment, à une méthode non-invasive (écouvillonnage buccal), (iii) enzymatiques et comportementaux chez un crustacé aquatique sentinelle, *Gammarus fossarum* (Koch, 1836), en

mésocosmes, (iv) sur la diversité et la sensibilité de la communauté de macroinvertébrés benthiques autochtones, et le fonctionnement de l'écosystème via l'étude de la dégradation de la litière.

La présente thèse a permis de mettre en évidence (i) le risque notable induit par les dynamiques temporelles des flux de pesticides et nitrates pour la communauté d'amphibiens, notamment aux mois de mai et juin, en lien avec la phénologie des sept espèces autochtones, (ii) l'influence significative des pesticides circulants dans la ZTHA sur certaines enzymes chez les amphibiens *B. bufo* et *Pelophylax* sp. (neurotransmission, détoxification, cytotoxicité), (iii) sur certaines enzymes chez *G. fossarum* (mue, immunité non-spécifique) et sur son comportement (reproduction, activité locomotrice), (iv) et plus globalement, sur la structure de la communauté de macroinvertébrés benthiques autochtones (diversité, sensibilité), et sur le fonctionnement de l'écosystème (dégradation de la litière). Ces résultats tendent à souligner le rôle de piège écologique de la ZTHA de Rampillon. D'autres études complémentaires ou plus ciblées pourront certainement permettre de renforcer nos connaissances sur le potentiel des ZTHA à agir comme des pièges écologiques, afin d'optimiser la conciliation des enjeux relatifs à la ressource en eau et à la biodiversité dans les paysages agricoles.



Triton crêté et quelques invertébrés aquatiques échantillonnés dans l'une des mares étudiées au cours de la thèse. Photo : Alexandre MICHEL.

Remerciements – Ce projet de thèse a été financé par le programme de recherche INRAE BIOSEFAIR, par l'Office Français de la Biodiversité, dans le cadre de l'appel à projet « Projets de recherche nationaux Ecophyto 2020 Partie 2 » (plan Ecophyto II+), et par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. La Fédération d'Ile-de-France pour la Recherche en Environnement (FIRE FR-3020) est également vivement remerciée pour son soutien financier. Ce travail a été en partie soutenu par le financement d'Horizon Europe par : HORIZON Actions de recherche et d'innovation : Projet 101056844 - ALFAwetlands (Wetlands Restoration for the future, <https://alfawetlands.eu/>). Nous remercions tous les propriétaires pour leur soutien et tous les collègues qui ont apportés leur aide pour le travail sur le terrain.

RÉFÉRENCE DES PUBLICATIONS DE L'AUTEUR DANS LA THÉMATIQUE

Michel A., Lebrun J. D., Chaumont C., Girondin M., Tournebize J., Archaimbault V. & Jeliaskov A. (2025). Benthic macroinvertebrate diversity and function in an agricultural constructed wetland affected by agrochemical pressure (Seine-et-Marne, France). *Environmental Science and Pollution Research*, **32**(7) : 3679-3697. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35722-4>

RÉFÉRENCE DES PUBLICATIONS CLÉS DANS LA THÉMATIQUE

Bahi A., Sauvage S., Payraudeau S., Imfeld G., Sánchez-Pérez J.-M., Chaumet B. & Tournebize J. (2023). Process formulations and controlling factors of pesticide dissipation in artificial ponds: A critical review. *Ecological Engineering*, **186**: 106820. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106820>

Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C. & Maginnis S. (Éds.). (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

Duchet C., Moraru G. M., Spencer M., Saurav K., Bertrand C., Fayolle S., Gershberg Hayoon A., Shapir R., Steindler L. & Blaustein L. (2018). Pesticide-mediated trophic cascade and an ecological trap for mosquitoes. *Ecosphere*, **9**(4) : e02179. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2179>

Leenhardt S., Mamy L., Pesce S., Sanchez W., Achard A. L., Amichot M., Artigas J., Aviron S., Barthélémy C., Beaudouin R., Bedos C., Bérard A., Berny P., Bertrand C., Bertrand C., Betoulle S., Bureau-Point É., Charles S., Chaumot A., ... Tournebize J. (2022). Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques. Rapport de l'expertise scientifique collective. <https://doi.org/10.17180/OGP2-CD65>

Sievers M., Parris K. M., Swearer S. E. & Hale R. (2018). Stormwater wetlands can function as ecological traps for urban frogs. *Ecological Applications*, **28**(4): 1106-1115. <https://doi.org/10.1002/eap.1714>

Tournebize J., Chaumont C. & Mander Ü. (2017). Implications for constructed wetlands to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds. *Ecological Engineering*, **103**: 415-425. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.02.014>

Vymazal J. & Březinová T. (2015). The use of constructed wetlands for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: A review. *Environment International*, **75**: 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.026>

Zhang C., Wen L., Wang Y., Liu C., Zhou Y. & Lei G. (2020). Can constructed wetlands be wildlife refuges? A review of their potential biodiversity conservation value. *Sustainability*, **12**(4) : 1442. <https://doi.org/10.3390/su12041442>

Date de soumission : vendredi 9 mai 2025

Date d'acceptation : dimanche 1^{er} juin 2025

Date de publication : mercredi 20 août 2025

Editeur-en-Chef : Jérémie SOUCHET

Relecteur : Philippe GENIEZ