

SALIENCE (conStructed wetlAnd bioLogical tIdE NumeriCal modElling) - Gestion de l'eau en milieu urbain par les zones humides artificielles : biological tide, modélisation couplée hydro-thermo-bio-biogéochimique et évaluation de scénarios

---

Directeur(s) de Thèse : Paul BOIS, MCF-HDR – [paul.bois@engees.unistra.fr](mailto:paul.bois@engees.unistra.fr)

Unité(s) d'Accueil(s) : Laboratoire ICube (UMR7357 CNRS/Unistra/ENGEES/INSA)

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg (doctorant)

Financement : concours Unistra, bourse Ecole Doctorale (à obtenir)

Collaboration(s) (s'il y a lieu) : CAP-LTER/Arizona State University – Prof. Daniel Childers

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) : ZAEU, CAP-LTER

Résumé :

Les infrastructures écologiques urbaines de type zone humide participent à l'amélioration et à la pérennisation du cycle de l'eau en milieu urbain, par le biais des services écosystémiques qu'elles fournissent. Plus précisément, les services de régulation de la qualité et de la quantité d'eau fournis par ces écosystèmes découlent des interactions entre processus physiques, biologiques et chimiques internes au système, modulés par des déterminants externes (forçage climatique). La découverte de processus biologiques nouveaux (« the biological tide ») ayant un impact fort sur l'hydrologie et la biogéochimie du système pousse à réévaluer le fonctionnement des zones humides utilisées pour la gestion de l'eau à l'aune de ces évolutions conceptuelles. L'objectif opérationnel est de tirer parti de ces nouvelles propriétés afin de concevoir des écosystèmes plus efficaces dans la réalisation du bénéfice écologique attendu. Pour cela, l'effet de différentes configurations (plantes utilisées, proportion zones végétalisées / eau libre) sur l'ampleur des services de régulation sera testé. Cette évaluation se fera par le biais d'une modélisation numérique couplant les phénomènes (physiques, biologiques, biogéochimiques et chimiques) impliqués ; il sera calibré et validé sur une décennie de données. Différents scénarios de conception et de maintenance seront alors testés. Les résultats obtenus seront présentés et discutés avec les acteurs opérationnels de gestion de la qualité de l'eau.

## Descriptif du sujet :

### *Contexte :*

Les infrastructures écologiques urbaines de type zone humide participent à l'amélioration et à la pérennisation du cycle de l'eau en milieu urbain, par le biais des services écosystémiques qu'elles fournissent. Plus précisément, les services de régulation de la qualité et de la quantité d'eau fournis par ces écosystèmes découlent des interactions entre processus physiques, biologiques et chimiques internes au système, modulés par des déterminants externes (forçage climatique). Classiquement dans une zone humide artificielle, le fonctionnement biologique (et *in fine* les valeurs de traitement obtenues) est quasi-totalement régi par le régime hydrologique. Dans le système d'étude, les particularités climatiques entraînent un phénomène biologique inédit : la transpiration des plantes génère une « marée biologique » qui modifie l'hydrologie du système (Bois et al. 2017) et les caractéristiques de traitement (Sanchez et al. 2016). Après plusieurs articles concernant ce nouveau phénomène et une première étape de modélisation hydrologique (Bois et Childers 2019), il s'agit de créer un modèle couplé rendant compte de cette configuration inédite. Ce travail s'insère dans la politique de recherche du laboratoire ICube en tant que travail de modélisation numérique au sein de l'équipe MécaFlu, plus précisément dans le thème de recherche sur les transferts réactifs et procédés environnementaux.

### *Hypothèses du travail et questions de recherche :*

La découverte de processus biologiques nouveaux (« the biological tide ») qui ont un impact fort sur l'hydrologie et la biogéochimie du système pousse à réévaluer le fonctionnement des zones humides utilisées pour la gestion de l'eau à l'aune de ces évolutions conceptuelles.

Ainsi, les hypothèses de travail sont les suivantes :

- La marée biologique génère une modification qualitative et significative de l'hydrologie au sein du système
- Le choix des plantes installées joue un rôle significatif sur la marée biologique
- La résultante biogéochimique (sur N et P) est significativement impactée par la marée biologique

Et les questions de recherche associées sont :

- Quelle est la nature spécifique de la modification hydrologique induite par la marée biologique ?
- Quel est l'ampleur de la modification des cycles N et P au sein de ce système due à la marée biologique ?
- A quel point le choix de configuration permet-il d'optimiser le bénéfice écologique de régulation de la qualité et de la quantité d'eau ?

### *Méthodologie :*

L'effet de différentes configurations (plantes utilisées, proportion zones végétalisées / eau libre) sur l'ampleur des services de régulation sera testé. Cette évaluation se fera par le biais d'une modélisation numérique couplant les phénomènes (physiques, biologiques, biogéochimiques et chimiques) impliqués ; il sera calibré et validé sur une décennie de données. Différents scénarios de conception et de maintenance seront alors testés.

### *Résultats et retombées attendus :*

L'objectif académique est de mettre en place un modèle couplé (hydrologie/transport/conversion/thermie) permettant i) de reproduire de façon optimale les observations de terrain puis ii) de prédire au plus juste les effets de différents scénarios de

conception et de fonctionnement sur la qualité et la quantité de l'eau en sortie de ce type d'écosystème. Ce modèle sera développé autant que possible dans les standards de l'open source afin de pouvoir être réutilisé largement par la communauté scientifique. Il permettra de prendre en compte l'influence du choix des communautés végétales, et les impacts des forçages climatiques (en lien avec le lieu d'implantation et avec le changement climatique) sur le fonctionnement de l'écosystème.

L'objectif opérationnel est de tirer parti des nouvelles propriétés évoquées et des contraintes climatiques dans lesquelles s'inscrivent ces systèmes afin de concevoir des écosystèmes plus efficaces dans la réalisation du bénéfice écologique attendu. Les résultats obtenus seront présentés et discutés avec les acteurs opérationnels de gestion de la qualité de l'eau en charge du système choisi comme sujet d'étude. Ainsi les conséquences pratiques de cette modélisation seront transférées sur le terrain dès l'issue du travail de thèse.

#### Planning prévisionnel :

- Phase bibliographique, choix du modèle : 6 premiers mois
  - Mise en place du modèle (dont éventuellement expériences terrain complémentaires pour l'évaluation des paramètres du modèle) : à partir du 6<sup>e</sup> mois
  - Calibration / validation du modèle : un an, à partir de la 2<sup>e</sup> année
  - Étude de scénarios : à partir de la 3<sup>e</sup> année
- Publications récentes :
    - D.L. Childers, **P. Bois**, H.E. Hartnett, T. McPhearson, G.S. Metson, and C.A. Sanchez. Urban ecological infrastructure: An inclusive concept for the non-built urban environment. *Elem Sci Anth*, 7(1):46, November 2019.
    - **Bois P.**, Beisel J.N., Heitz C., Katinka L., Laurent J., Pierrette M., Walaszek M., Wanko A. Integrated Blue and Green Corridor Restoration in Strasbourg: Green Toads, Citizens, and Long-Term Issues. In V. Achal and A. Mukherjee (eds.), *Ecological Wisdom Inspired Restoration* (2019) 151-169.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-13-0149-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0149-0_9)
    - Walaszek M., **Bois P.**, Laurent J., Lenormand E., Wanko A. Urban stormwater treatment by a constructed wetland: Seasonality impacts on hydraulic efficiency, physico-chemical behavior and heavy metal occurrence. *Science of the Total Environment* (2018) 637–638: 443-454.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.325>
    - Walaszek M., **Bois P.**, Laurent J., Lenormand E., Wanko A. Micropollutants removal and storage efficiencies in urban stormwater constructed wetland. *Science of the Total Environment* (2018) 645: 854–864.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.156>
    - **Bois P.**, Childers D.L., Corlouer T., Laurent J., Massicot A., Sanchez C.A., Wanko A. Confirming a plant-mediated “Biological Tide” in an aridland constructed treatment wetland. *Ecosphere* (2017) 8(3): e01756. 10.1002/ecs2.1756
    - **P. Bois** and D.L. Childers. Biological tide numerical modelling: in search for the best of two worlds. In *ILTER 2nd OSM 2019 – the International Long Term Ecological Research Network 2nd Open Science Meeting*. ILTER, 09 2019