

Ecole doctorale Environnements-Santé
Dossier de projet de thèse « Contrat doctoral Etablissements »
ANNEE 2023

TITRE DU PROJET : Service écosystémique de séquestration du carbone dans les plans d'eau : quantification, facteurs de contrôle et interactions avec la biodiversité

(Une fois votre projet accepté, si vous faites une mise en ligne par vos propres moyens, merci de ne pas changer ce titre ou le simplifier. Lors de la mise en ligne faite par l'ED, le titre ci-dessus est utilisé. Si vous en changez, cela entraîne un doublon de projet)

Ce projet est aussi proposé au titre de la bourse générale FRM oui¹ non

Ce projet est aussi proposé au titre de la bourse Cardiologie FRM oui² non

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse³ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :

Nom : MILLET

Prénom : Laurent

Section CNU : 67

Grade : Directeur de recherche 2eme classe

HDR : Date de soutenance 17/04/2018 Discipline : Biologie des Populations et écologie

L'HDR devra être soutenue, ou sa soutenance autorisée, au moment du dépôt du présent projet.

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : Laboratoire Chrono-Environnement, UMR6249 CNRS Université de Franche-Comté, UFR ST 16 route de Gray 25030 Besançon cedex, laurent.millet@univ-fcomte.fr, 03 81 66 65 43, 07 82 78 30 70

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : Chrono-Environnement, CNRS UFC, UMR6249, Emilie Gauthier

Co-directeur de thèse éventuel :

Nom : MASCLAUX

Prénom : Hélène

Grade : MCU

HDR : non ; oui Date de soutenance..... Discipline :

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : Laboratoire Chrono-Environnement, UMR6249 CNRS Université de Franche-Comté, UFR ST 16 route de Gray 25030 Besançon cedex, helene.masclaux@univ-fcomte.fr, 03 81 66 63 66

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : Chrono-Environnement, CNRS UFC, UMR6249, Emilie Gauthier

¹ Le candidat doit être connu au moment du dépôt du projet, et son CV doit être joint à la présente demande. Le CV du candidat sera l'un des critères de sélection.

² Le candidat doit être connu au moment du dépôt du projet, et son CV doit être joint à la présente demande. Le CV du candidat sera l'un des critères de sélection.

³ ATTENTION : depuis le texte de loi de mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde économique, qui peut venir en supplément, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

- nom et label de l'unité de recherche (ainsi que l'équipe interne s'il y a lieu)

Chrono-Environnement, UMR6249, CNRS UFC

- localisation

Site de La Bouloie, UFR ST, 16 route de Gray 25000 Besançon

- nom du directeur de thèse et du co-directeur s'il y a lieu

Directeur HDR : MILLET Laurent (50%)

Co-directrice : MASCLAUX Hélène (50 %)

- adresse courriel du contact scientifique

Laurent.millet@univ-fcomte.fr

- titre du projet

Service écosystémique de séquestration du carbone dans les plans d'eau : quantification, facteurs de contrôle et interactions avec la biodiversité

- description du projet (2 pages maximum)

I) Enfouissement et stock de carbone dans les sédiments des plans d'eau : état de l'art et lacunes

Importance des plans d'eau dans le cycle du C

Les plans d'eau, qui ne représentent qu'approximativement 3,7% de la surface des continents, sont pourtant des écosystèmes extrêmement actifs pour le transport, la transformation, l'émission et le stockage de quantités considérables de carbone et exercent donc sur le cycle du C et le climat un effet disproportionné par rapport à leur étendue spatiale (Tranvik et al. 2009). Ainsi, avec une moyenne de 78 Tg/an (Wilkinson et al. 2018), le taux d'accumulation du C organique dans les plans d'eau serait proche de celui des océans (100 Tg/an, Dean & Gorham 1998) alors que ces derniers couvrent 71% de la surface du globe.

Un manque de données empiriques

Cependant, le nombre d'observations à la base des estimations les plus récentes de Mendonça et al. (2017) ou d'Anderson et al. (2020), bien qu'étant plus important que dans les travaux antérieurs, reste très faible (n=403, et n=516, respectivement) comparativement au nombre des plans d'eau à l'échelle globale (ex 1,4 M renseignés dans Hydrolakes). A l'échelle de l'Europe, la distribution des sites documentés est très inégale et laisse de larges lacunes géographiques. Ainsi, pour la France, seuls 3 lacs naturels sont concernés alors que plus de 35 000 plans d'eau (pour plus de 350 000 ha) sont recensés dans la BD Carthage. Par ailleurs, les études antérieures concernent principalement les lacs naturels et dans une moindre mesure les réservoirs (ex n=344 et n=59, respectivement, Mendonça et al. 2017). De nombreux type de plans d'eau ne sont pas pris en compte (gravières, étangs de pêche, plans d'eau urbains ...) malgré leur importance en nombre et en surface.

Des interactions carbone/biodiversité encore mal caractérisées

Pour les plans d'eau de l'Europe tempérée, l'eutrophisation accélérée des masses d'eau semble être le facteur principal qui explique l'augmentation de l'enfouissement du Corg au cours de l'Anthropocène (Anderson et al. 2014, 2020). Ce constat suggère l'existence de relations étroites entre la séquestration de Corg et le fonctionnement trophique du lac impliquant les mécanismes de production primaire, de recyclage de la matière organique et de transfert d'énergie et de C dans l'édifice trophique. Une des questions encore ouvertes est donc de comprendre comment les interactions entre les conditions physico-chimiques dans les sédiments et la masse d'eau d'une part et les communautés des compartiments benthiques et pélagiques d'autre part conditionnent le devenir du carbone dans les plans d'eau.

II) Objectif principal et stratégie proposée

L'objectif principal du projet est donc de proposer une évaluation du service de séquestration du C offert par les plans d'eau et, par une compréhension des mécanismes fonctionnels régissant le devenir du C organique dans ces milieux, de développer des modèles prédictifs de leur rôle dans le cycle du C à différentes échelles spatiales et temporelles. Il s'agit *in fine* de proposer des outils opérationnels qui permettent de concilier une optimisation de la séquestration du C dans les plans d'eau avec un maintien d'une biodiversité qui garantisse la provision des autres services écosystémiques associés.

La stratégie proposée inclut la **synthèse de données** existantes combinée à l'**acquisition de nouvelles données** d'observation pour combler les lacunes laissées par les travaux antérieurs. Le projet prévoit de couvrir un large gradient typologique en combinant l'étude **de lacs naturels**, avec celle des **plans d'eau anthropiques** (ex. réservoir, étangs, lacs de gravières ...). La zone géographique considérée dans un premier temps sera **la France métropolitaine**. L'approche pourra possiblement être étendue dans un second temps à la **zone Boréale du Québec et Labrador** (Canada), zone pour laquelle nous disposons d'un corpus grandissant de données.

Le projet propose une stratégie originale qui combine **les dimensions spatiales et temporelles**. Il s'appuie sur le développement intégré d'approches **de type observatoire** incluant des suivis physico-chimiques et biologiques existants des plans d'eau, la caractérisation de l'occupation des sols des bassins-versant, des conditions climatiques ... et **retro-observatoire** par l'étude des enregistrements sédimentaires documentant les trajectoires des systèmes sur des échelles décennales à pluriséculaires. Le projet s'intéresse également à **plusieurs échelles fonctionnelles** depuis les larges échelles temporelles et spatiales pour lesquelles il s'agit d'identifier et de hiérarchiser les grands facteurs structurant la capacité des systèmes à séquestrer du C, avec un focus sur l'empreinte des activités humaines, le rôle du climat et la modulation des réponses en fonction des typologies de milieux, jusqu'aux échelles fines, stationnelles, avec notamment la mise en lumière de l'influence **des conditions mésologiques et de la biodiversité** sur le devenir du C dans les plans d'eau.

III) Mise en œuvre : 3 axes de recherches

Axe 1 : Densifier les données empiriques concernant les stocks et les taux d'accumulation de carbone organique dans les plans d'eau actuels

Objectif A1 : Fournir une estimation quantitative des taux d'accumulation de carbone organique dans les plans d'eau (=objectif 60 sites)

Méthodologie : (1) synthèse des données existantes après application de critères de sélection stricts concernant la qualité des données (détermination du taux de sédimentation, analyse élémentaire du C ...) (2) étude de nouveaux sites en fonction des lacunes dans les données existantes : carottage, datation des sédiments, concentration en Corg, prise en compte du facteur de concentration dans la zone profonde.

Axe2 : Déterminer les principaux facteurs de contrôle de la séquestration du C dans les sédiments des plans d'eau

Objectif A2 : Modéliser la séquestration du C en fonction de facteurs mésologiques et extrapolation pour la France métropolitaine

Méthodologie : (1) Approche spatiale : sur les 60 sites, analyse des relations entre les taux d'accumulation de C, et les descripteurs environnementaux et climatiques (2) Approche temporelle : comparaison des périodes préindustrielles versus actuelles grâce à l'approche sédimentologiques et aux proxies paleo combinée aux cartes d'occupation des sols actuelle et passée (19^{ème}) (3) Modélisation statistique et extrapolation spatiale.

Axe3 : Caractériser les interactions entre la séquestration du C et la biodiversité

Objectif A3a : Déterminer les Influences conjuguées de la biodiversité et des conditions physico-chimiques sur le devenir du carbone sédimentaire

Méthodologie : (1) Estimation de la quantité de C stocké versus minéralisé par la comparaison des taux de carbone de sédiments de surface issus de suivis anciens (DCE, >10 ans) avec les taux de carbone quantifié aujourd'hui dans les carottes pour les strates correspondantes (2) Synthèse des données physico-chimiques (ex oxygène) disponibles (3) Etude des transferts trophiques par la signature isotopique du C des consommateurs pélagiques (Daphnies) et benthiques (Chironomidae)

Objectif A3b : Quantifier l'impact de l'accumulation de carbone organique (et de l'eutrophisation) sur la biodiversité des macro-invertébrés benthiques

Méthodologie : (1) Synthèse des données et études concernant la valeur prédictive de la diversité des communautés de Chironomidae pour l'ensemble des communautés de macro-invertébrés lacustres (2) Analyse des restes subfossiles de Chironomidae (capsules céphaliques) dans les sédiments des carottes de sédiments et calcul d'indices de biodiversité (3) Analyse statistique des relations entre biodiversité et stockage du C.

- Financement du projet – partie Recherche (montants acquis, type de contrat)

- *PEPR Faircarbon : Projet ciblé 5 « Carbonium », WP2 « Stock de carbone : zones humides continentales et côtières, plaines alluviales et écosystèmes lenticques »*

Financement obtenu : 16 000 euros de fonctionnement (mission, analyse en service et consommable), 10 mois de contrat IE en soutien technique (35 500 euros).

- *Projet OSU Envergure Stock-Car « Stockage du Carbone organique et inorganique dans les plans d'eau de l'Arc Jurassien. »*

Financement obtenu : 10 000 euros de fonctionnement obtenu pour 2023, montant demandé en 2024 : 6500 euros

- Ressources accidentelles L. Millet

Financement obtenu : 4000 euros

- connaissances et compétences requises

Connaissances en écologie des communautés, en limnologie (fonctionnement des plans d'eau) et en paleolimnologie (approche carotte).

Permis de conduire (travail de terrain)

Reconnaissance et identification des Chironomidae

Traitements statistiques des données

Maitrise des outils SIG (QGIS ...)

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

L'objectif principal du projet de thèse est de proposer une évaluation du service de séquestration du carbone offert par les plans d'eau dans leur diversité typologique et, par une compréhension des mécanismes fonctionnels régissant le devenir du C organique dans ces milieux, de proposer des modèles prédictifs de leur rôle dans le stockage du carbone à différentes échelles spatiales et temporelles. Il s'agit *in fine* de contribuer à la proposition d'outils opérationnels qui permettent de concilier une optimisation de la séquestration du C dans les plans d'eau avec un maintien d'une biodiversité qui garantisse la provision des autres services écosystémiques associés.

Le projet s'appuie sur la synthèse de données existantes combinée à l'acquisition d'un jeu de données d'observation (séquestration, conditions mésologiques, biodiversité) sur des sites distribués géographiquement en France métropolitaine, et couvrant de larges gradients typologiques (lacs naturels, étangs, gravières, réservoirs...), climatiques, d'occupation et d'usage des sols et plus largement d'influences anthropiques, nécessaires à l'identification des principaux facteurs conditionnant la séquestration du C dans les plans d'eau et la compréhension de leur mode d'action. Le projet propose une stratégie originale qui combine

les dimensions spatiales et temporelles. Il s'appuie sur le développement intégré d'approches de type observatoire et retro-observatoire par l'étude des enregistrements sédimentaires documentant les trajectoires des systèmes sur des échelles décennales à pluriséculaires. Le projet considère par ailleurs plusieurs échelles fonctionnelles depuis les larges échelles temporelles et spatiales pour lesquelles il s'agit d'identifier et de hiérarchiser les grands facteurs structurant la capacité des systèmes à séquestrer du C, jusqu'aux échelles fines, stationnelles, avec la mise en lumière de l'influence des conditions mésologiques et de la biodiversité sur le devenir du C dans les plans d'eau.

The main objective of the project is to propose an evaluation of the carbon sequestration service offered by water bodies in their typological diversity and, through an understanding of the functional mechanisms governing the fate of organic C in these environments, to develop predictive models of their role in carbon burial at different spatial and temporal scales. Ultimately, the aim is to contribute to the development of operational tools that make it possible to reconcile the C sequestration in water bodies with the maintenance of biodiversity that guarantees the provision of other associated ecosystem services.

The project is based on the synthesis of existing data combined with the acquisition of a set of observation data (sequestration, mesological conditions, biodiversity) on sites distributed geographically in mainland France, covering broad typological gradients (natural lakes, ponds, gravel pits, reservoirs, etc.), climatic conditions, land use and occupation, and, more broadly, anthropogenic influences, which are necessary to identify the main factors conditioning C sequestration in water bodies and to understand their mode of action. The project proposes an original strategy that combines spatial and temporal dimensions. It is based on the integrated development of observatory and retro-observatory approaches through the study of sedimentary records documenting the trajectories of systems on decadal to multi-decadal scales. The project also considers several functional scales, from large temporal and spatial scales, for which the aim is to identify and rank the major factors structuring the capacity of systems to sequester C, to fine, stationary scales, with the highlighting of the influence of mesological conditions and biodiversity on the fate of C in water bodies.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous (2 choix possibles maximum – ne pas modifier les intitulés : ils sont imposés par certains sites web) :

Ecologie, Environnement

Mots clés :