

## Accord Cadre ZABR- Agence de l'Eau Fiche résumé

### Impact de l'eutrophisation et de la température sur la production et le stockage du carbone et conséquences pour la dynamique des milieux aquatiques.

Personnes responsables : Gudrun Bornette – Cecile Delolme – Charlotte Grasset

**UMR CNRS 5023** Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Bâtiments Forel et Darwin C, 43 Boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, E-Mail : gbornett@univ-lyon1.fr ; Téléphone : 04 72 43 12 94 ; Fax : 04 72 43 11 41 ; emails : gudrun.bornette@univ-lyon1.fr, charlotte.grasset@univ-lyon1.fr  
ENTPE, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat ; CNRS, UMR 5023 ; LEHNA, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés ; Rue Maurice Audin ; F- 69518 Vaulx-en-Velin Cedex, E-mail : Cecile.Delolme@entpe.fr ; TEL : (33) (0)4 72 04 70 42 ; FAX: (33) (0)4 72 04 77 43.

**THEME DE RATTACHEMENT ZABR** : Flux, Formes, Habitats, Biocénoses

#### **THEME DE RATTACHEMENT Agence de l'EAU :**

- Q4 (Quels sont les bénéfices environnementaux liés à l'atteinte du bon état des milieux aquatiques et comment les évaluer?)
- Q5 (Quels sont les coûts évités liés à l'atteinte du bon état ou la sauvegarde des ressources et des fonctionnalités naturelles?)
- Q15 (Quelles pressions sur le fonctionnement physique des milieux aquatiques et quels risques d'altération?)
- 

**SITE DE RATTACHEMENT ZABR** : Rhône, Site ZH

#### **RESUME:**

L'objectif est de déterminer l'impact de l'eutrophisation (ou de l'oligotrophisation en cas de restauration du bon état écologique) et de la température sur la production et l'accumulation de la matière organique dans les écosystèmes aquatiques.

Cet objectif sera atteint en reliant 1) les paramètres d'eutrophisation (N, P) et la température des milieux aquatiques à

- 1) la production végétale (biomasse, masse sèche, composition chimique)
- 2) la vitesse de dégradation de la matière organique produite et
- 3) les conséquences pour le fonctionnement de l'écosystème (eutrophisation, comblement, respiration, méthanogénèse)

Ce projet est organisé en trois étapes complémentaires menées successivement de manière indépendante, en laboratoire et in situ, qui sont les suivantes :

A : déterminer la part de variation dans la qualité du végétal et sa dégradation liée à 1) l'espèce, et 2) aux conditions environnementales dans lesquelles elle s'est développée.

B : mesurer in situ la quantité et la qualité de la production végétale dans des écosystèmes classés selon un gradient d'eutrophisation et de température, son rythme de production et sa capacité de décomposition.

C : relier ces éléments au fonctionnement des milieux aquatiques : qualité des sols (stocks de carbone, degré de dégradation, caractère réfractaire), respiration et eutrophisation des écosystèmes.

Ce travail est par essence interdisciplinaire car il nécessite des compétences en géochimie, en biologie végétale et en écologie fonctionnelle. Ces compétences seront rassemblées grâce à la collaboration entre G

Bornette (écologie végétale, écologie fonctionnelle), C. Delolme (géochimie) et une chimiste recrutée sur le projet (C. Grasset, ingénieur CPE, allocation de recherche ministérielle).

## **FINALITES ET ATTENDUS OPERATIONNELS :**

Les attendus opérationnels de ce projet se situent à plusieurs niveaux :

- hiérarchiser la vulnérabilité des zones humides (fonctionnement, biodiversité) au changement global (température et eutrophisation) et hiérarchiser les valeurs seuils de ces deux variables de contrôle sur la dynamique du carbone (stockage ou de déstockage de la matière organique)
- Proposer des modalités de gestion des zones humides minimisant les risques de franchissement de ces valeurs seuils
- à plus longue échéance, distinguer à l'échelle du paysage, les secteurs à fort potentiel de restauration ou de recréation de zones humides (dans lesquelles l'altération de ces paramètres est/sera minimale ou tamponnée, dans un contexte d'accentuation des altérations dues au changement global), des secteurs dans lesquels ce potentiel serait moindre, voire nul.

Ces travaux déboucheront sur différents outils directement transposables aux gestionnaires:

- une **typologie de fonctionnement des zones humides** reposant sur la dynamique du carbone, c'est à dire sur la production et le recyclage de la matière organique, principaux déterminants des patrons successionnels et de la durée de vie des zones humides. Cette typologie reposera sur l'analyse comparée de 15 zones humides rangées sur un gradient de thermie et de trophie, sur lesquelles sera analysé le cycle du carbone organique : rythme de production de biomasse et de nécromasse-patron de dégradation (incorporation au sédiment ou flushes de DOC-flux d'émission de gaz CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>).
- Une **aide au diagnostic reposant sur des indicateurs issus du panel de métriques identifiés ci dessus : trophie, qualité de la matière organique, type de végétation, émissions de gaz à effet de serre**, et en relation avec les processus sous jacents (accumulation lente/rapide de MO, minéralisation faible/forte de cette MO) deux paramètres essentiels pour déterminer 1) la durée de vie de la zone humide, 2) sa biodiversité, 3) les fonctions de source ou de puits de carbone, permettra de positionner les zones humides dans cette typologie.

La vulnérabilité des zones humides sera identifiée à partir de la connaissance de leur fonctionnement source puits. Par exemple, si un type de zones humides fonctionne en source de carbone, et si l'augmentation des températures ou de la trophie augmente cette tendance, le fonctionnement de la zone humide ne sera pas vulnérable vis à vis de cette fonction. Par contre, si les ZH fonctionnent en puits, ces mêmes modifications trophiques et thermiques peuvent les faire basculer vers un fonctionnement de type source. Ces zones humides seront alors vulnérables vis à vis de cette fonction face au changement global. L'analyse de ces processus le long de gradients thermiques ou trophique devrait permettre d'identifier les points de rupture, au delà desquels on pourra observer ces basculements fonctionnels.

Cet outil permettra d'identifier les secteurs de paysage dans lesquels les ZH fonctionnent en puits de carbone, et ne sont pas remplaçables de manière simple dans les plans de compensation écologique, par la création de nouvelles zones humides dans d'autres secteurs. Il permettra enfin d'identifier les modalités de gestion adaptées à la préservation OU à la restauration des zones humides, si l'altération des processus est avérée, et prenant en compte les spécificités fonctionnelles des zones humides vis à vis du cycle du carbone.

Il permettra enfin d'apporter des connaissances sur les bénéfices écosystémiques des différents types de zones humides vis à vis du stockage du carbone, connaissances essentielles, si l'on considère qu'actuellement, les tourbières acides sont essentiellement considérées dans les évaluations des stocks de carbone mondiaux (Voir cependant Mitra et al. 2005).

Outre ces attendus centrés sur la gestion et la conservation des écosystèmes aquatiques, le projet a pour objectif de tester de nouveaux outils d'aide à la caractérisation de ce fonctionnement vis à vis du carbone. Ces outils sont principalement analytiques (méthodes légères de caractérisation de la matière organique). Le but est de produire des indicateurs fiables et à coût modeste en termes de collecte d'échantillons et de niveau d'information produite. L'objet est par exemple de déterminer si le sol est un bon intégrateur du fonctionnement du cycle du carbone (faible variabilité spatiale, peu de bruit, corrélation suffisante à la végétation en place). De même, les outils de caractérisation plus intégrateurs des processus fonctionnels liés au carbone, tels que la couleur des sédiments, le taux de fibres, ou des outils d'analyse spectrale, comme la spectrométrie IR ou encore des rapports d'absorbance en spectrométrie visible (E465/E665), sont confrontés aux outils classiques de caractérisation chimique de la végétation et des sols, afin de rechercher des outils informatifs à moindre coût, et des grilles de lecture de ces sols.

## **OBJECTIFS ET METHODOLOGIE :**

**Contexte :** Les zones humides jouent un rôle majeur dans le stockage et le recyclage du carbone mondial (elles contiennent 18 à 30% du carbone terrestre (Trettin, 2003)). Ce carbone provient essentiellement du végétal et il est stocké dans les sédiments ou dans le compartiment aqueux. Les caractéristiques du carbone organique des zones humides (composition chimique) sont dépendantes des végétaux (Comont et al. 2006, Longhi et al. 2008), et des conditions environnementales (par exemple, température, niveau de ressources des écosystèmes). Ces dernières agissent potentiellement à plusieurs niveaux :

- 1) sur la production : composition des communautés et vitesse de croissance
- 2) sur leurs caractéristiques chimiques (Jonasson et al. 1999), et
- 3) sur la vitesse de dégradation de la matière organique morte (Carr et al. 1997, Rejmankova and Sirova 2007, Davis et al. 2003).

La nature et la quantité du carbone stocké contrôlent donc la biodiversité et les successions (patron, vitesse) dans les zones humides. Dans les zones humides dégradées (eutrophisation) ou perturbées (assecs, ou restauration écologique), la dynamique du carbone organique (production, stockage, recyclage) peut être modifiée, la biodiversité altérée, les successions accélérées ou modifiées, et le fonctionnement de l'écosystème altéré.

Deux paramètres environnementaux sont identifiés comme influençant ce fonctionnement. Lorsque les températures sont faibles, ou le milieu pauvre en nutriments, la vitesse de production et la dégradation de la matière organique sont lentes (Jonasson et al. 1999, Jonasson and Shaver 1999), et l'écosystème constitue un puits de carbone (Cole et al 2001, Collins & Kuehl 2001). C'est le cas des tourbières acides ou alcalines. Ces situations s'accompagnent en général d'une forte biodiversité, et représentent des enjeux de conservation forts à l'échelle du bassin RMC. La température (Thullen et al. 2008) ou l'eutrophisation, sont deux conséquences du changement global. L'eutrophisation est un phénomène principalement induit par l'homme (rejet de N et P dans les eaux) et il est accentué par le réchauffement planétaire (Mc Kee et al 2003). Ces deux paramètres augmentent la production et la vitesse de dégradation de la matière organique (Guo et al. 2008). Dans de telles situations, une grande proportion de la matière organique est minéralisée, la quantité de matière organique stockée est faible, et cette dernière est relativement réfractaire à la dégradation.

Si l'on sait l'importance de ces paramètres environnementaux, on ignore 1) les valeurs seuils au delà desquelles l'écosystème perd ses caractéristiques fonctionnelles, 2) les types fonctionnels successifs susceptibles d'être rencontrés lorsque la température et l'eutrophisation augmentent, et 3) les conséquences pour la durée de vie de l'écosystème et sa biodiversité.

L'importance de ces processus pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques est d'autant plus importante qu'elle détermine de surcroît 1) le fonctionnement en source ou en puits de carbone de ces écosystèmes, et 2) les patrons et la vitesse de décomposition de la matière organique, qui peut entraîner des phases d'anoxie dans le milieu aquatique (Trémolières and Carbiener 1981, 1982), associées à la production de molécules toxiques (H<sub>2</sub>S, méthane, NH<sub>4</sub>, etc, Cao et al. 1996, Bouchard et al. 2007).

**Objectifs:** L'objectif de ce projet est triple. Il est d'explicitier les liens entre eutrophisation, température et 1) la production végétale, 2) sa décomposition et 3) les conséquences pour le fonctionnement de l'écosystème aquatique (qualité et quantité de la matière organique stockée, respiration, production de molécules potentiellement toxiques, eg. NH<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>). Pour cela, 3 études successives et complémentaires, se déroulant sur 1 an chacune, et combinant études de terrain et expérimentations en laboratoire sont menées.

La première étape se déroule sur l'année 2012 et est actuellement en cours. Elle a pour objectif de mesurer le rôle relatif de l'identité des espèces, et des conditions de trophie et de température dans lesquelles elles ont poussées, sur leur composition chimique et leur dégradation.

La deuxième étude est programmée pendant l'année 2013 (production, qualité, décomposition végétale), et mesurera dans des écosystèmes classés sur un double gradient de température et d'eutrophisation la production végétale, sa diversité, et sa décomposition.

Enfin, la troisième étude, programmée en 2013 et 2014, aura pour objectif de mesurer l'impact de ces paramètres biotiques sur le fonctionnement et la durée de vie des milieux aquatiques en 1) reliant production, qualité, décomposition végétale, et les caractéristiques environnementales (trophie, température, qualité et quantité de la MO du sol), 2) mesurant la libération de carbone (respiration, méthanogénèse) de ces écosystèmes. L'impact de la biodiversité sur ces processus sera abordé via son rôle dans les processus d'accumulation et de dégradation, et donc son rôle d'indicateur de fonctionnement de la zone humide.

Les Zones humides retenues ont été retenues selon les critères suivants : en eau la majeure partie de l'année, et rangées sur une large gamme de niveau de ressources et de variabilité thermique, mais toujours alcalins, car ce sont les plus vulnérables, et les plus fréquents en Rhône Alpes On essaiera d'éviter d'introduire des écosystèmes très perturbés par les crues (eg platière ou autres) car la problématique ne s'y

prête pas (pas d'accumulation de MO), en se centrant sur les ZH plus autogènes. Les zones humides doivent être correctement suivies sur le plan de ces paramètres physico-chimiques et thermiques, ce qui contraint notre échantillonnage aux zones humides bénéficiant d'un suivi physico-chimique le long du Rhône et de l'Ain.

A l'issue de ce travail, ces éléments pourraient permettre dans une étape ultérieure la constitution d'un guide méthodologique élaborant les bases techniques de la relation entre trophie, température, fonctionnement (puits/source de carbone, vitesse des successions) et biodiversité dans les zones humides. Ce guide technique pourrait reposer sur des indicateurs biotiques (espèces indicatrices) ou abiotiques (température, trophie, ou caractéristiques physico-chimiques du sol), qui traduiraient les processus de dégradation et d'accumulation. Il pourrait inclure les attendus de processus de restauration dans les différents types fonctionnels envisagés.

**Méthodologie :**

Dans la première étape du projet, actuellement amorcée, on se focalise sur 4 espèces végétales, distribuées dans une quinzaine d'écosystèmes dans les plaines de l'Ain et du Rhône. Les processus étudiés seront situés à l'échelle des organismes (plantes) collectées dans des écosystèmes contrastés en termes de trophie et de variance des températures. Les sites ont été choisis car ils possédaient des populations d'au moins 2 des 4 espèces, et parce qu'ils étaient organisés le long d'un gradient croissant de trophie (phosphore) et de variance des températures.

Plusieurs objectifs sont poursuivis dans cette première étape :

- identifier et optimiser les méthodes et outils analytiques permettant de caractériser la qualité de la matière organique végétale,
- mesurer la variance de cette qualité en fonction des conditions trophiques et thermiques,
- mesurer l'impact de cette qualité sur la dégradation du végétal (vitesse, produits de dégradation).

Pour cela, les plantes sont prélevées à 2 dates, en fin d'hiver (plantes ayant vernalisé) et en fin d'été (plantes sénéscentes). La composition chimique des plantes est analysée (rapport C/N, teneur en eau, sucres libres, amidon, sucres structuraux, lignines).

Pour résumer, la première étape a pour objectif de mesurer la variance potentiellement induite par l'environnement sur l'espèce végétale (variance induite par l'espèce, la trophie, la température et la saison), afin de pouvoir s'en affranchir (ou d'en connaître le poids), et de mettre au point les techniques analytiques au point (figure 1).

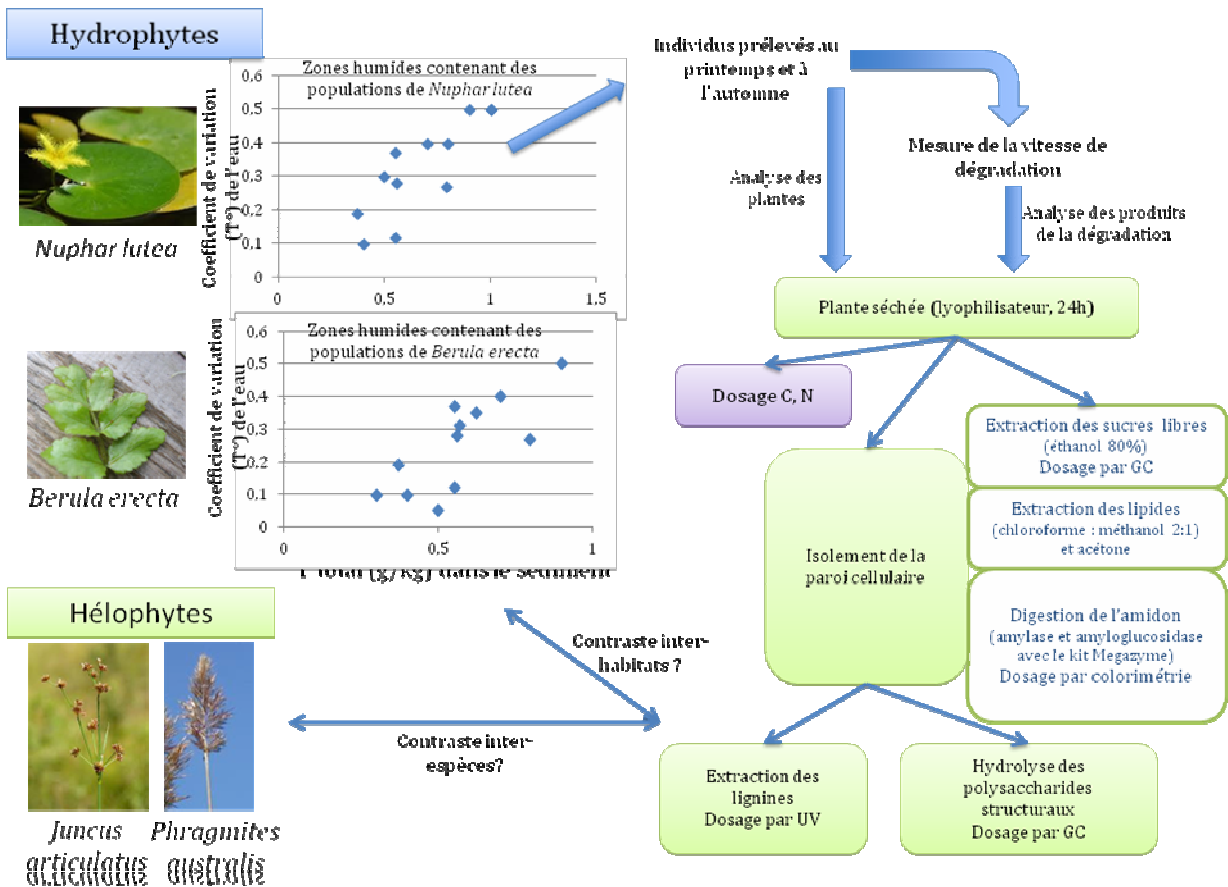


Figure 1 : Représentation schématique de la première étape du projet. Les 4 espèces retenues (2 héliophytes et 2 hydrophytes) sont prélevées dans des écosystèmes rangés le long d'un gradient croissant de concentration en phosphore dans le sol, et de coefficient de variation des températures. Ces individus sont analysés (contenus des différentes fractions carbonées) et leur vitesse et patron de dégradation sont mesurés. La corrélation entre ces caractéristiques et les écosystèmes de provenance des individus sera ensuite effectuée.

Dans la seconde et la troisième phase du projet, pour lesquelles nous sollicitons l'appui financier de l'agence, nous travaillerons à l'échelle des communautés et des écosystèmes (principalement sites de l'Ain et du Rhône contrastés en terme de trophie et de température, pour lesquels nous disposons de données physico-chimiques et thermiques).

L'objectif de la phase 2 est d'étudier la qualité et la dégradation des communautés végétales présentes dans ces écosystèmes (in situ ou en laboratoire), et la résultante en termes de qualité des sols (qualité de la matière organique, caractère réfractaire). On établira le lien entre ces processus de dégradation et la qualité des plantes (caractère réfractaire des composés organiques du végétal) et de leur traits de vie (turn-over des organes végétatifs). La comparaison de la dégradation des communautés en laboratoire et in situ permettra de déterminer le rôle du cocktail d'espèces dans la vitesse des processus de dégradation, et les produits de cette dégradation. La comparaison entre laboratoire et in situ permettra de mesurer le rôle de l'habitat dans ces processus. Pour cela, des mélanges de plantes de composition connues, et 1 phytomètre, seront déposés en sac à litière à maille fine (pour éviter les interférences avec les organismes brouteurs) dans différents sites rangés le long du gradient thermie-trophie. Les mêmes sacs seront utilisés pour mesurer la dégradation en laboratoire. En parallèle, on mesurera dans les habitats retenus pour l'expérimentation 1) la composition et la biomasse de la matière organique végétale produite, 2) son turn-over (dynamique été-hiver des communautés, et taux de renouvellement des organes).

En résumé, on aborde dans cette seconde étape les communautés d'espèces directement rencontrées dans les écosystèmes (composition, dégradabilité) et l'effet de l'habitat (et des cortèges d'espèces) sur cette dégradabilité et les produits de la dégradation (figure 2).

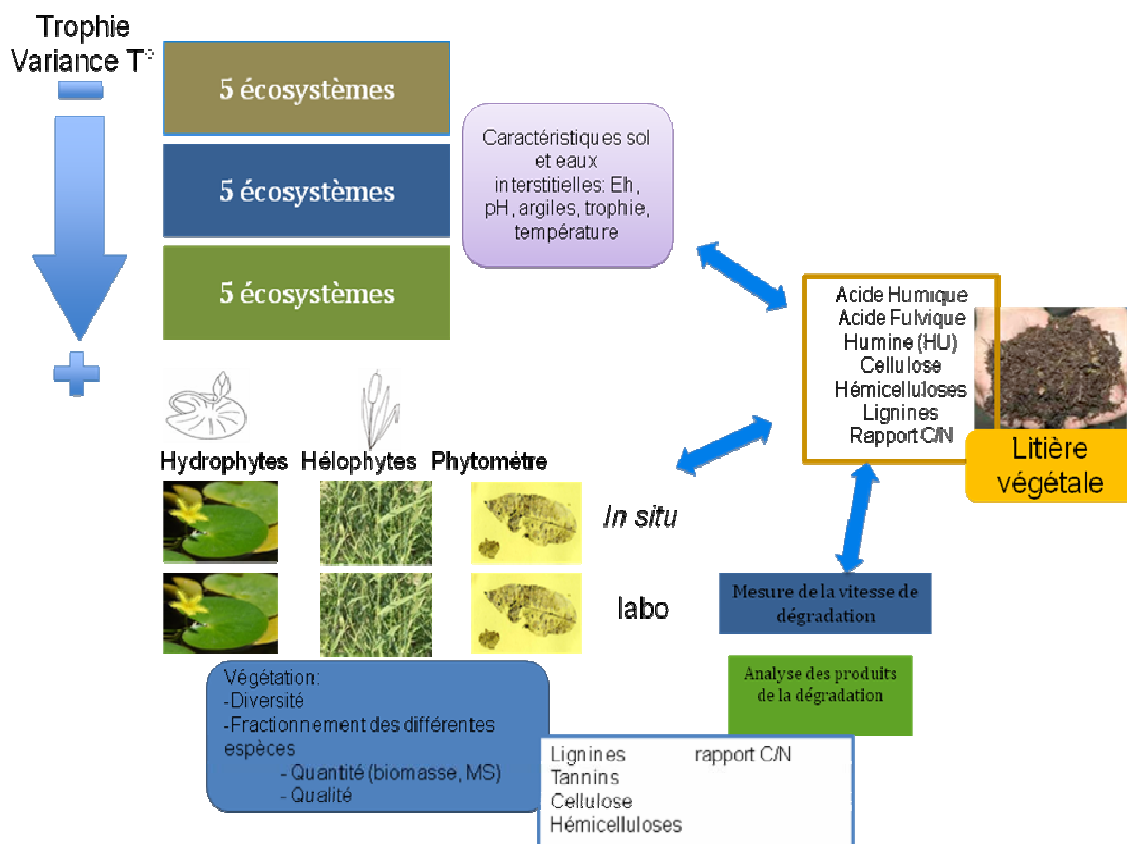


Figure 2 : 15 écosystèmes répartis le long d'un gradient de trophie seront sélectionnés. Les communautés présentes seront identifiées, tant en termes de biomasse, de contenu spécifique, et de qualité des composés carbonés. La vitesse de dégradation, et le patron de dégradation de cette MO seront mesurés en utilisant les protocoles de la phase 1. En parallèle, la qualité des sols des ZH sera mesurée. Ces différents résultats seront ensuite confrontés dans la phase 3.

La troisième phase consistera à établir le lien entre 1) la qualité de la production, 2) la qualité de la matière organique, et 3) les émissions de carbone d'écosystèmes sélectionnés sur la base des phases 1 et 2, au cours d'un cycle annuel. Cette dernière étape permettra de finaliser l'élaboration d'un bilan des flux de carbone à l'échelle de la zone humide, et de lier ces bilans à la trophie et à la température de la ZH. Pour cela, on mesurera in situ, la variabilité saisonnière de l'oxygène, du potentiel redox du sédiment, des concentrations en phosphates et ammonium dans les habitats en fonction de la saison et donc de l'abondance de litière végétale libérée (cette disponibilité de la litière sera mesurée in situ et extrapolée de l'étape 2). On mesurera dans cette phase les émissions saisonnières de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> dans un lot d'écosystèmes. Ceci permettra de classer les habitats entre eux en termes de fonctionnement vis à vis du cycle du carbone, de bénéfice escompté de l'amélioration trophique liée à l'atteinte du bon état, et de vulnérabilité au changement climatique.

Cette troisième étape aura donc également lieu à l'échelle des écosystèmes, et aura pour objectif de corréler les communautés d'espèces rencontrées dans ces écosystèmes (composition, dégradabilité) à la qualité de la matière organique de ces mêmes écosystèmes, et aux émissions de GES (gaz à effet de serre, cette dernière étape sur un petit lot d'écosystèmes, représentatif des différentes catégories d'écosystèmes identifiés, figure 3).

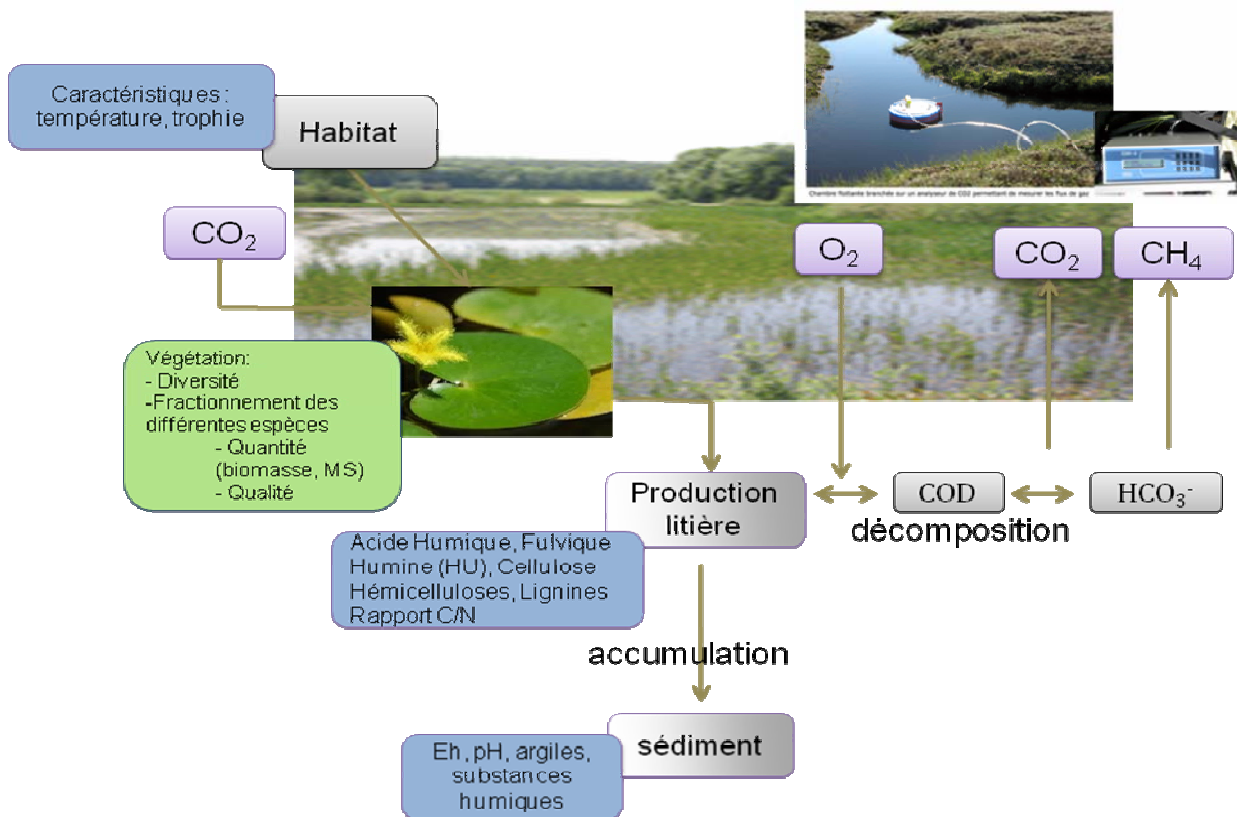


Figure 3 : La troisième phase consistera à établir le lien entre 1) la qualité de la production, 2) la qualité de la matière organique, et 3) les émissions de carbone d'écosystèmes sélectionnés sur la base des phases 1 et 2, au cours d'un cycle annuel. Cette dernière étape permettra de finaliser l'élaboration d'un bilan des flux de carbone à l'échelle de la zone humide, et de lier ces bilans à la trophie et à la température de la ZH.

### **Réunions d'étape:**

Deux réunions auront lieu chaque année au cours desquelles seront présentés au partenaire financier les avancées du projet. Ces réunions sont prévues en juin et décembre de chaque année, en 2013 et 2014.

### **Date de démarrage de l'action :**

La phase 1 du projet est en voie de finalisation (phase non financée par l'agence), les phases 2 et 3 débuteront au cours de l'hiver 2013.

### **Références Citées :**

- Cole CA, Brooks RP, Wardrop DH (2001) Assessing the relationship between biomass and soil organic matter in created wetlands of central Pennsylvania, USA. *Ecological Engineering* 17:423-428.
- Collins ME, Kuehl RJ (2001). Organic matter accumulation and organic soils. *Wetlands soils: Genesis, Hydrology, Landscape and Classification*. JL Richardson, Vepraskas, MJ. Boca Raton, CRC Press, Taylor & Francis Group: 137-162.
- Bouchard V, Frey SD, Gilbert JM, Reed SE (2007) Effects of macrophyte functional group richness on emergent freshwater wetland functions. *Ecology* 88:2903-2914.
- Cao MK, Marshall S, Gregson K (1996) Global carbon exchange and methane emissions from natural wetlands: Application of a process-based model. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 101:14399-14414.
- Carr GM, Duthie HC, Taylor WD (1997) Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. *Aquat. Bot.* 59:195-215.
- Comont L, Laggoun-Defarge F, Disnar JR (2006) Evolution of organic matter indicators in response to major environmental changes: The case of a formerly cut-over peat bog (Le Russey, Jura Mountains, France). *Organic Geochemistry* 37:1736-1751.
- Davis SE, Corronado-Molina C, Childers DL & Day JW, (2003) Temporally dependent C, N, and P dynamics associated with the decay of *Rhizophora mangle* L. leaf litter in oligotrophic mangrove wetlands of the Southern Everglades, *Aquatic Botany* 75 :199-215.
- Duarte CM, Agusti S (1998) The CO<sub>2</sub> balance of unproductive aquatic ecosystems. *Science* 281:234-236.
- Dolgonosov BM, Gubernatorova TN, (2010) Modeling the Biodegradation of Multicomponent Organic Matter in an Aquatic Environment: 1. Methodology, *Water Resources* 37 : 311–319.
- Guo XL, Lu XG, Tong SZ, Dai GH (2008) Influence of environment and substrate quality on the decomposition of wetland plant root in the Sanjiang Plain, Northeast China. *Journal of Environmental Sciences-China* 20:1445-1452.
- Jonasson S, Michelsen A, Schmidt IK, Nielsen EV (1999) Responses in microbes and plants to changed temperature, nutrient, and light regimes in the arctic. *Ecology* 80:1828-1843.
- Jonasson S, Shaver GR (1999) Within-stand nutrient cycling in arctic and boreal wetlands. *Ecology* 80:2139-2150.
- Kogel-Knabner I, (2002) The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter, *Soil Biology & Biochemistry* 34 :139 -162.
- Longhi D, Bartoli M, Viaroli P (2008) Decomposition of four macrophytes in wetland sediments: Organic matter and nutrient decay and associated benthic processes. *Aquat. Bot.* 89:303-310.
- Osborne, T. Z., Inglett, P. W. & Reddy, K. R. (2007) The use of senescent plant biomass to investigate relationships between potential particulate and dissolved organic matter in a wetland ecosystem, *Aquatic Botany* 86:53-61.
- Rejmankova E, Sirova D (2007) Wetland macrophyte decomposition under different nutrient conditions: Relationships between decomposition rate, enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry* 39:526-538.
- Thullen JS, Nelson SM, Cade BS, Sartoris JJ (2008) Macrophyte decomposition in a surface-flow ammonia-dominated constructed wetland: Rates associated with environmental and biotic variables. *Ecological Engineering* 32:281-290.
- Trémolières M, Carbiener R (1981) Aspects de l'impact de litières forestières sur des écosystèmes aquatiques. I - L'effet déoxygenant de systèmes polyphénoloxydases-polyphénols. *Acta Oecol., Oecol. Gen.* 2:199-212.
- Trémolières M, Carbiener R (1982) Aspects de l'impact de litières forestières sur des écosystèmes aquatiques. II - Evolution à moyen et long terme de l'activité de déoxygenation. - De quelques propriétés des phytomélanines formées. *Acta Oecol., Oecol. Gen.* 3:241-257.
- Turetsky MR, Mack MC, Harden JW, Manies KL (2005). Spatial Patterning of soil carbon storage across boreal landscapes.

### **Publications représentatives des proposant(s) :**

#### **Gudrun Bornette :**

- Greulich, S. & **Bornette, G.** 2003. Being evergreen in an habitat with attenuated seasonal contrasts – a major competitive advantage ? *Plant Ecology* : 167: 9–18.
  - Puijalon, S., Léna, J.-P., & **Bornette, G.** 2007. Interactive effects of nutrient and mechanical stresses on plant morphology. *Annals of Botany* 100: 1297-1305.
  - **Bornette, G.**, Tabacchi, E. Hupp, C., Rostan, J.-C., Puijalon, S. 2008. A model of plant strategies in fluvial hydrosystems. *Freshwater Biology* 53 : 1692-1705.
  - **Bornette, G.** & Puijalon, S. 2011. Responses of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences* 73 : 1-14.
-



- Corenblit, D., Baas, A.C.W., **Bornette, G.**, Delmotte, S., Francis, R.A., Gurnell, A.M., Julien, F., Naiman, R.J., & Steiger, J. **2011** Feedbacks between geomorphology and biota controlling Earth surface processes landforms: a review of foundation concepts and current understandings. *Earth-Science Reviews* 106 (3-4): 307-331.
- Puijalón, S., Bouma, T., Douadi, C., van Groenendael, J., Anten, N., Martel, E., & **Bornette, G.** **2011** Avoidance vs. tolerance trade-off in plant resistance to mechanical stress. *New Phytologist* 191: 1141–1149

#### **Cecile Delolme :**

- Saulais M., Bedell J.P., **Delolme C.** (2011). Cd, Cu and Zn mobility in contaminated sediments from an infiltration basin colonized by wild plants: The case of *Phalaris arundinacea* and *Typha latifolia*. *Water Science and Technology*, 64.1, 255-262. doi:10.2166/wst.2011.161
- Badin, A.-L., Bedell, J.-P., **Delolme, C.** (2009). Effect of water content on aggregation and contaminant leaching: the study of an urban Technosol. *Journal of Soils and Sediments*, 9, 6, 653-663.
- Badin A.L., Faure P., Bedell J.P. and **Delolme C.**, 2008 - Distribution of organic pollutants and natural organic matter in urban storm water sediments as a function of grain size. *The Science of the Total Environment* 403, (1-3), 178-187.
- Brohon B., **Delolme C.**, Gourdon R., 1999 - Qualification of soils through microbial activities measurements : influence of the storage period on INT-reductase, phosphatase and respiration. *Chemosphere*. 38, 9, 1973-1984.
- Bedell, J.-P., Briant, A., **Delolme, C.**, Lassabatère, L., Perrodin, Y., 2006 - Evaluation of the phytotoxicity of contaminated sediments deposited "on soil": II. Impact of water draining from deposits on the development and physiological status of neighbouring plants at growth stage. *Chemosphere*, 62, 8, 1311-1323.
- Neto M., Ohanessian A., **Delolme C.** And Bedell J.P., 2007 - Towards an optimized protocol for measuring global dehydrogenase activity in stormwater sediments. *Journal of Soil and Sediments*. 7, 2, 101-110.

#### **Charlotte Grasset :**

- Ho, L., Hoefel, D., **Grasset, C.**, Palazot, S., Newcombe, G., Saint, C.P., Brookes, J.D., 2012 - Removal of cyanobacterial metabolites through wastewater treatment plant filters. *Water Science & Technology*, 65 (7) : 1244-1251.
  - Ho L, **Grasset C**, Hoefel D, Dixon MB, Leusch FD, Newcombe G, Saint CP, Brookes JD, (2011) Assessing granular media filtration for the removal of chemical contaminants from wastewater. *Water Research* 45 : 3461-72.
-