

MOSAIC:

**Dynamique de la Matière Organique dans le bouchon
vaSeux de l'estuAire de Seine en lien avec les
nutrIments et les Contaminants organiques**

Arnaud Huguet, METIS, UMR 7619, Paris



Edith Parlanti, EPOC-LPTC, UMR 5805, Bordeaux



Annet Laverman, ECOBIO, UMR 6553, Rennes

Eric Viollier, LGE, UMR 7154, Paris



Projet MOSAIC: équipes impliquées

Equipe 1: Laboratoire METIS – UMR 7619 CNRS – Université Pierre et Marie Curie

Responsable scientifique
Arnaud Huguet

Chercheurs (ou équivalents) permanents
Sylvie Derenne
Anniët Laverman*

Doctorants
Alexandre Thibault (depuis le 01/12/2015; bourse région
Ile-de-France)

Ingénieurs et techniciens
Christelle Anquetil
Clara Micheau (CDD Technicien 18 mois Seine-Aval)
Laurence Millot
Céline Roose-Amsaleg

Equipe 2: Laboratoire EPOC-LPTC – UMR 5805 CNRS – Université de Bordeaux

Responsable scientifique
Edith Parlanti

Chercheurs (ou équivalents) permanents
Hélène Budzinski

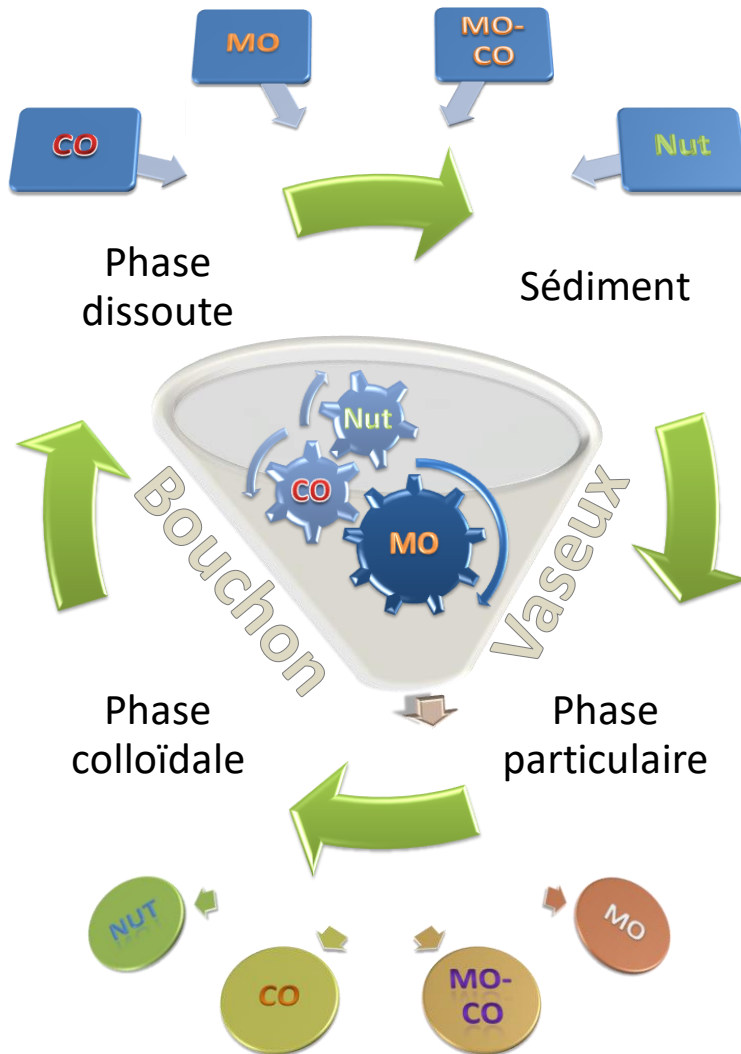
Ingénieurs et techniciens
Karyn Le Menach
Sylvie Augagneur
Clara Micheau (CDD Technicien 18 mois Seine-Aval)

Equipe 3: Laboratoire LGE – UMR 7154 CNRS – Université Paris Diderot-Paris 7

Responsable scientifique
Eric Viollier

Ingénieurs et techniciens
Emmanuelle Raimbault
Laure Cordier

Projet MOSAIC: objectifs



- Déterminer:
 - ✓ les caractéristiques globales et structurales de la MO dans les compartiments dissous/colloïdal, particulaire et sédimentaire du BV, ainsi qu'en amont et en aval de ce dernier
 - ✓ la nature des interactions entre la MO et deux classes majeures de contaminants organiques (HAPs, substances pharmaceutiques)
 - ✓ l'influence des modifications qualitatives et quantitatives de la MO sur la dynamique des nutriments en estuaire de Seine
 - ✓ l'impact des variations saisonnières et des conditions environnementales sur la dynamique de la MO, celle des nutriments et les interactions MO-contaminants

⇒ **Lier dynamique de la MO dans l'estuaire de Seine à celle des contaminants et des nutriments**

Campagnes Côtes de la Manche

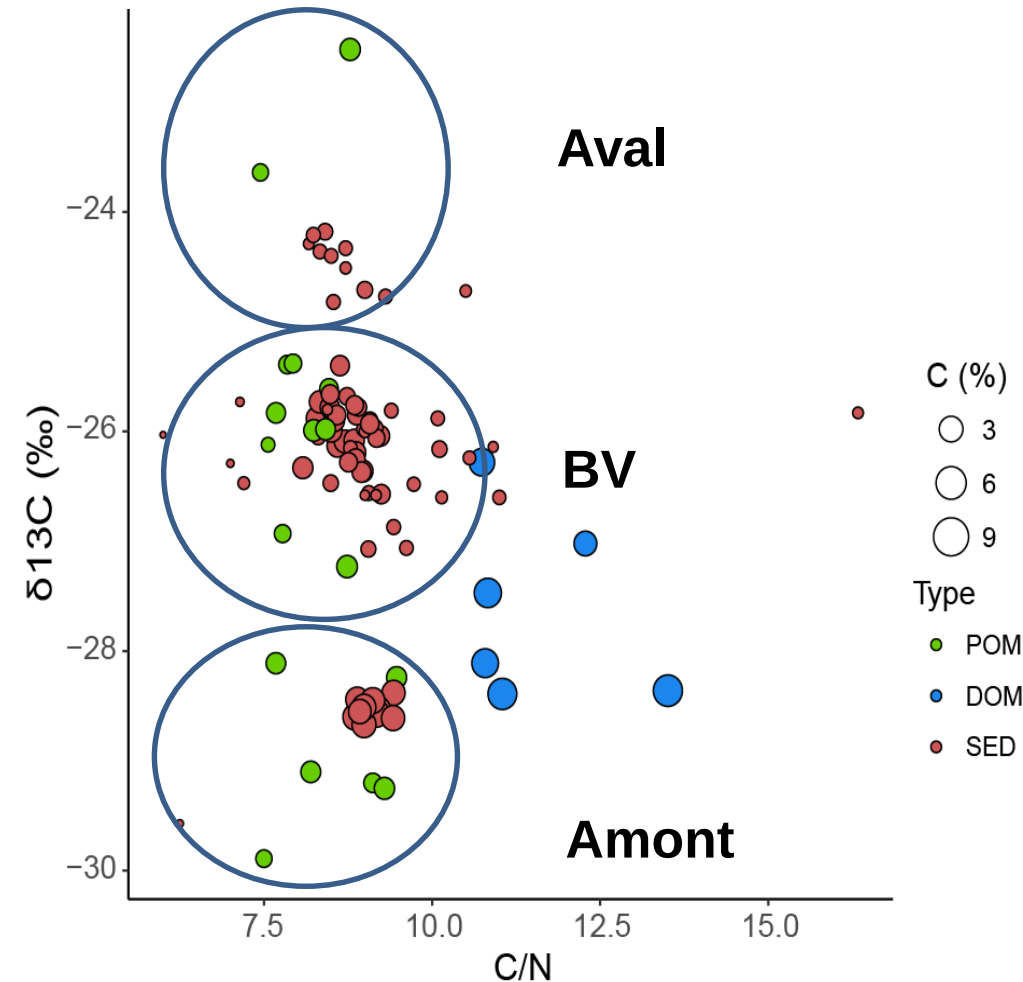


⇒ 5 campagnes complémentaires entre janvier 2015 et avril 2016

- Prélèvements:
 - de petits volumes d'eau en subsurface, à mi-fond et au fond de la colonne d'eau au cours de cycles de marée (**≈ 500 échantillons au total**)
 - de gros volumes d'eau (environ 100 litres; **16 échantillons au total**)
 - de sédiment (Fatouville/Honfleur/Tancarville + Rouen/La Carosse en 2016; **8 carottes**)

Caractérisation globale de la MO

✓ MO principalement autochtone



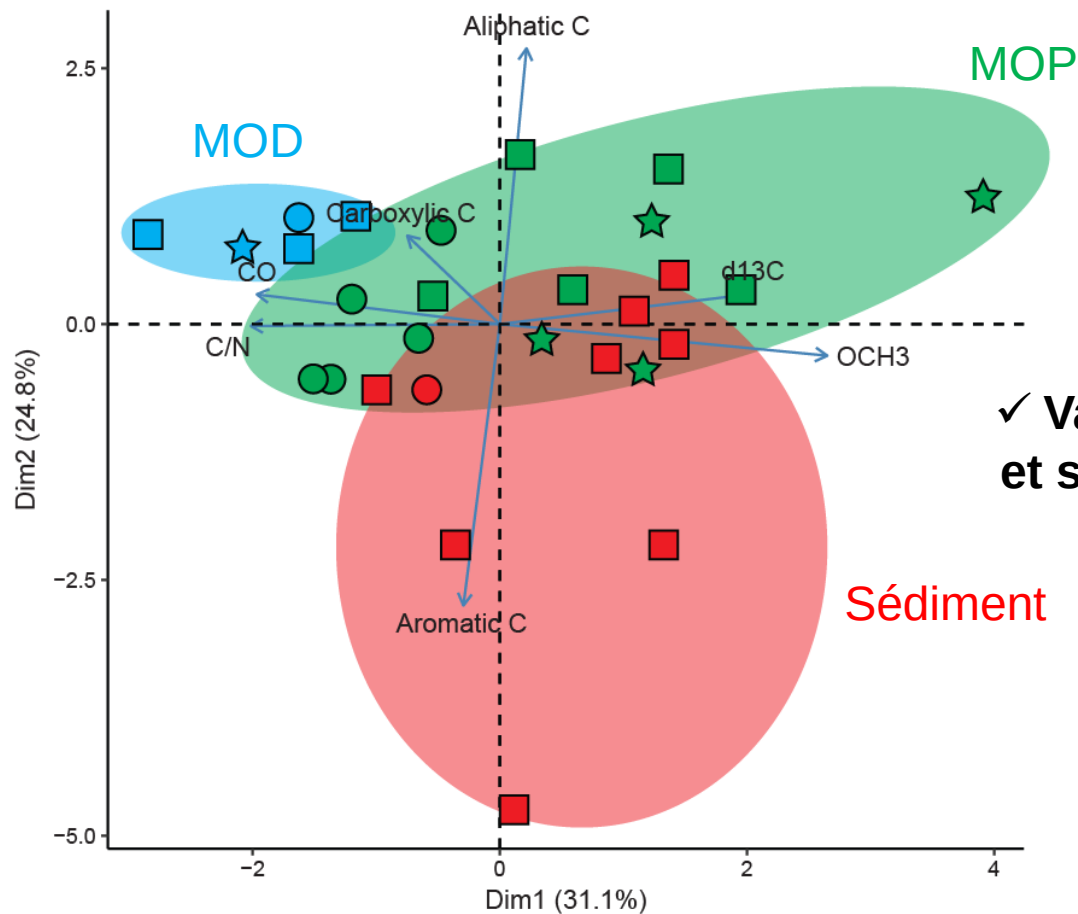
→ Ratio C/N plus élevé pour **MOD** que pour **MOP** et **sédiment**

→ Augmentation du δ¹³C pour **sédiment** et **MOP** le long de l'estuaire

⇒ *Mélange des eaux douces et marines contrôle la composition de la MO*

Analyse statistique – MOD, MOP, sédiment

➤ Caractéristiques globales et moléculaires (RMN ^{13}C) de la MO

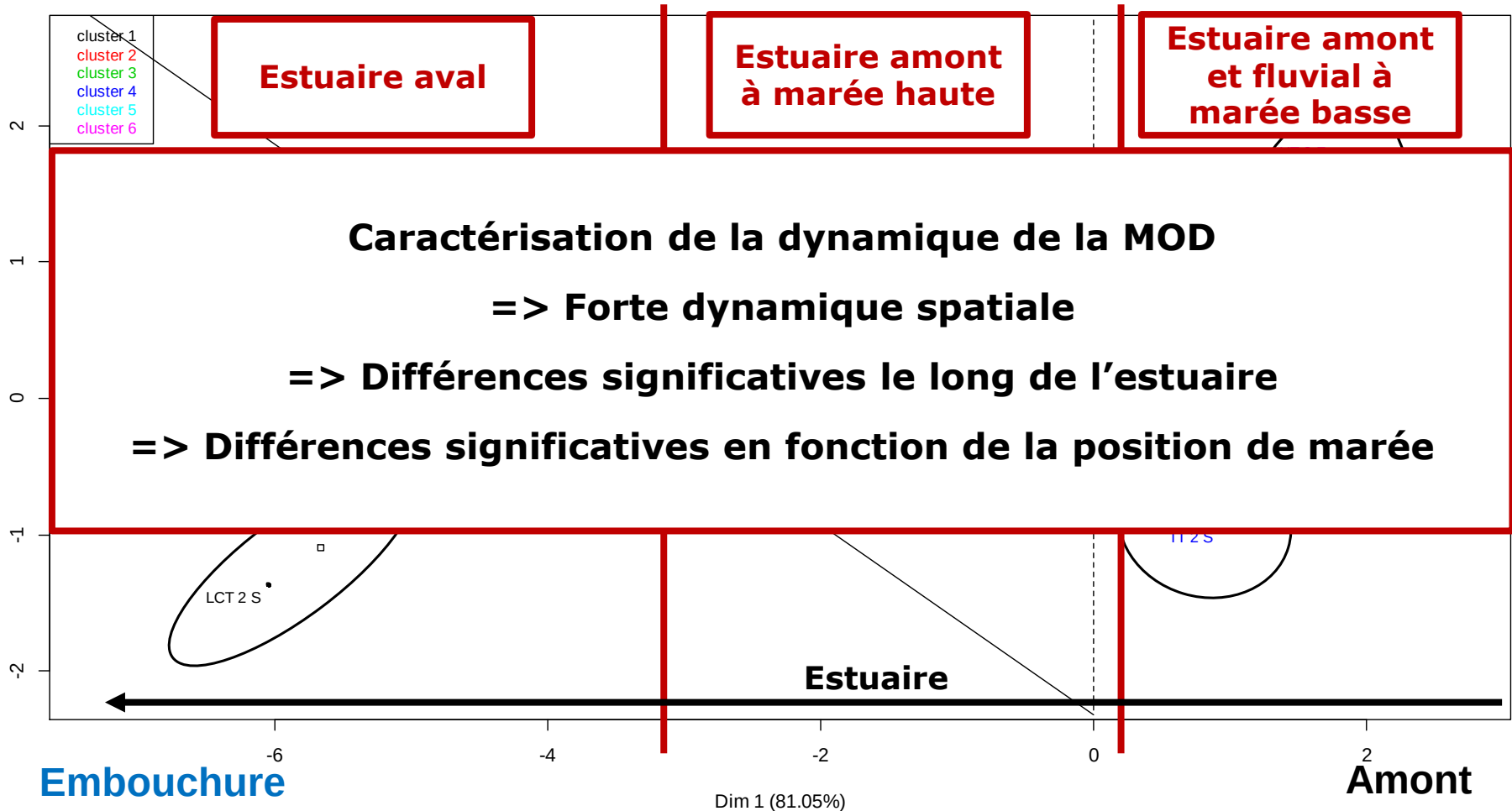


✓ Variabilité inter-compartiments et spatiale des caractéristiques de la MO



- *Analyses optiques (UV-Visible - Fluorescence), masse molaire et mesures COD*

Factor map



Conclusions

- Variabilité des caractéristiques de la MO:

1) Entre compartiments (MOD, MOP, sédiment)

2) Le long de l'estuaire

3) Saisonnière dans une moindre mesure

- Influence des variations quantitatives et qualitatives de la MO sur processus biogéochimiques :

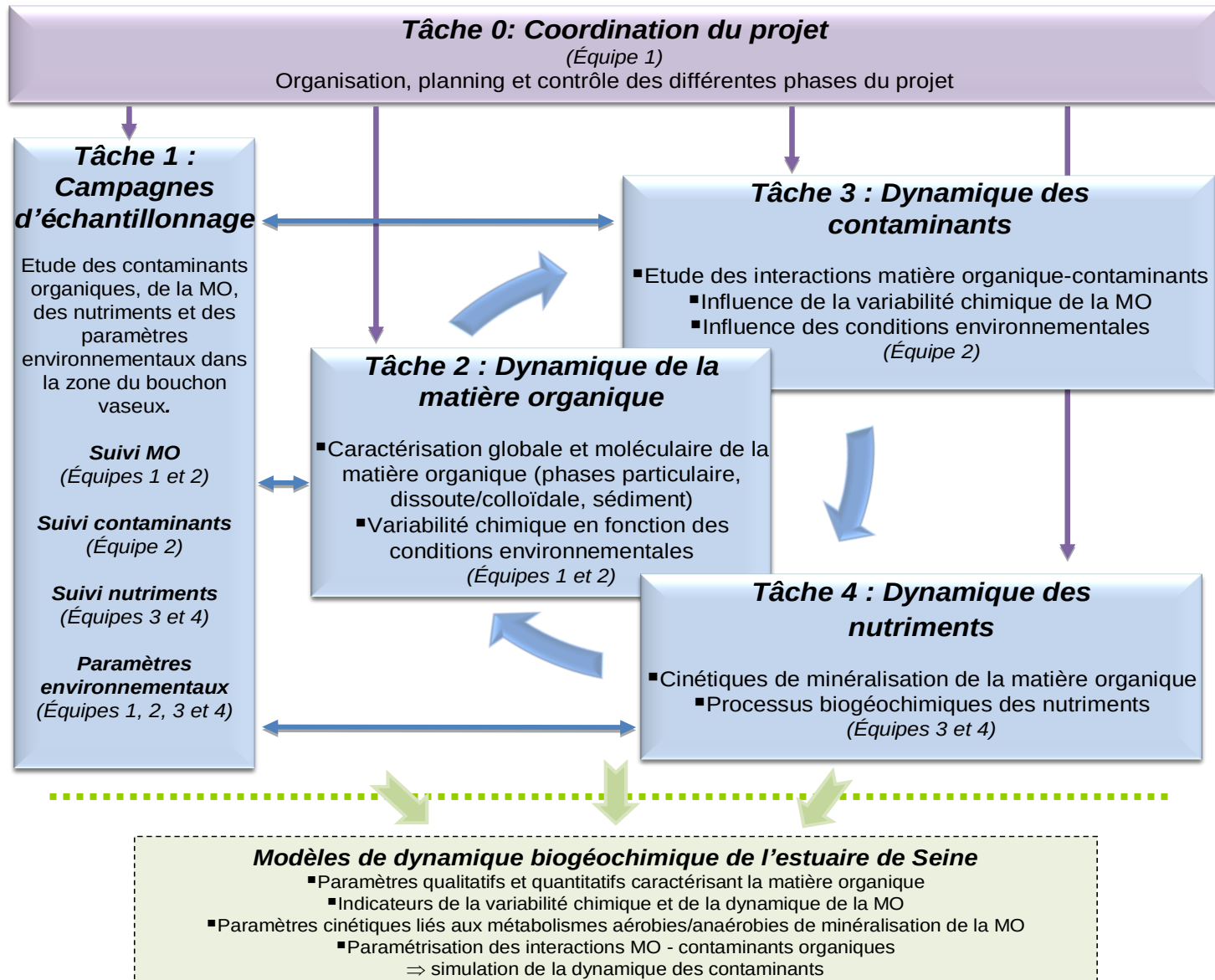
➤ Dynamique des **nutriments** ?

➤ Dynamique des **contaminants organiques** ?

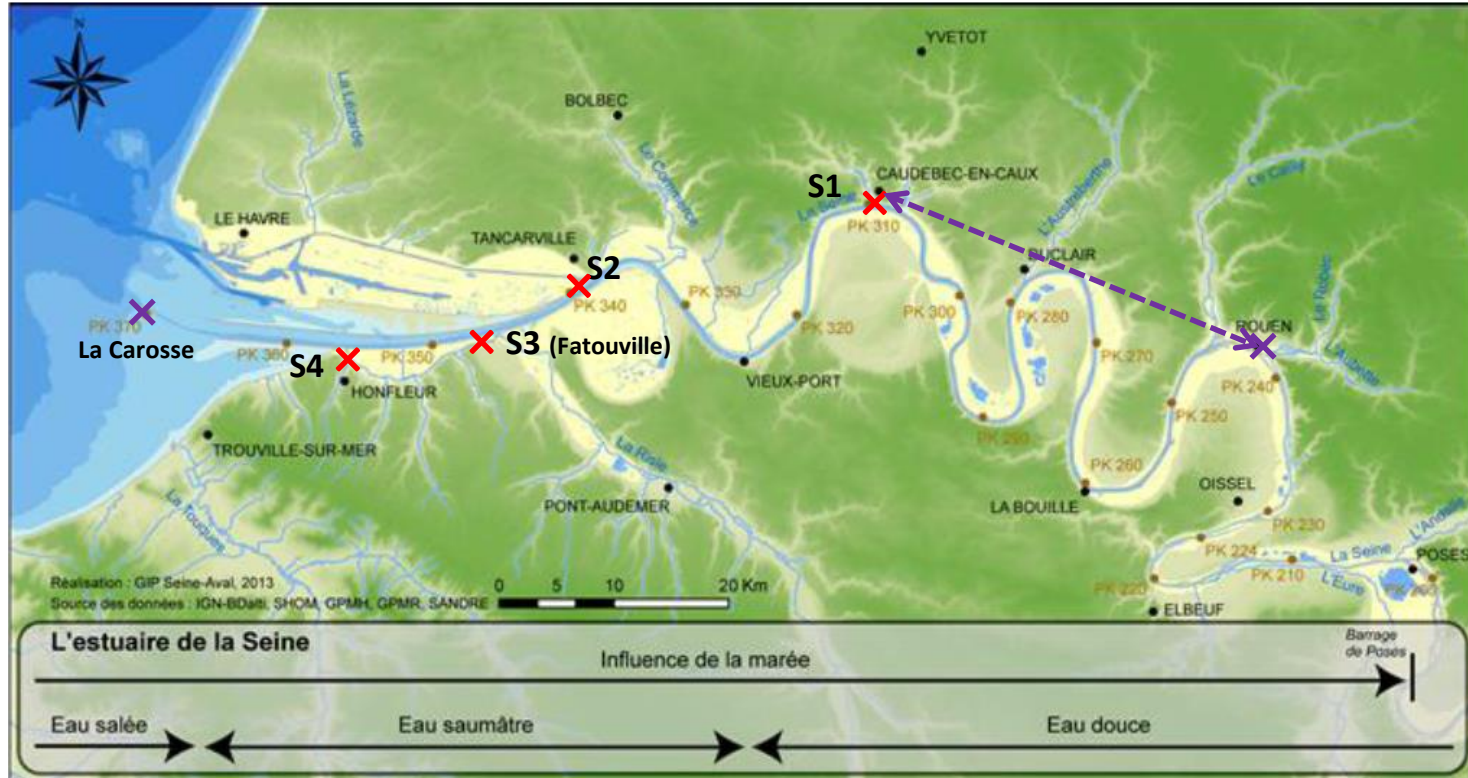


Merci pour votre attention!

Projet MOSAIC: différentes tâches



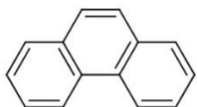
Campagnes Côtes de la Manche



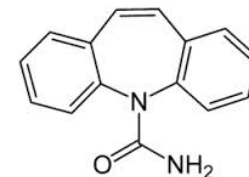
- Campagnes **SYNAPSES** (janvier / juillet 2015; coordinateur: R. Verney): cycles de marée à Fatouville/Tancarville + La Carosse
- Campagnes **DYNAMOSEINE** (avril et septembre 2015): cycles de marée à Fatouville et Tancarville; ½ cycles de marée à Honfleur et Caudebec
- Campagne **DYNAMOSEINE 2** (avril 2016): mêmes sites que les campagnes DYNAMOSEINE 2015 + La Carosse et transect Caudebec/Rouen

Tâche 3: dynamique des contaminants organiques

- Etude fine des **interactions MO-contaminants**, sur le **terrain** et en **laboratoire**



- Deux classes de contaminants organiques étudiées:
 - **HAPs** (e.g. phénanthrène, fluoranthène...)
 - **substances pharmaceutiques** (e.g. carbamazépine, diazepam...)



- **Analyses** des contaminants dans les phases **particulaires, dissoutes et sédiment** par chromatographie (liquide ou gazeuse) couplée à la spectrométrie de masse
- Interactions MOD-contaminants: microextraction sur phase solide (SPME) couplée à la GC/MS.
 - *Dosage des contaminants sous forme libre et associés à la MO.*
- **Expériences en laboratoire:** impact de la MO sur la distribution des contaminants entre les différents compartiments du BV
 - *Projet CRAPPSE: étude en conditions contrôlées du fonctionnement du BV et effet sur la dégradation et la réactivité des contaminants organiques.*
 - **Projet MOSAIC: Analyse MO et interactions MO-contaminants.**

Tâche 4: dynamique des nutriments

- Déterminer via des études de **terrain** et en **laboratoire**:
 - les **processus biogéochimiques** jouant un rôle dans la **dégradation de la MO** dans le BV
 - les **paramètres cinétiques** de ces processus
 - **l'influence de l'oxygène** sur la dégradation de la MO et sur les autres processus biogéoch.

1) Etude de terrain

- Détermination des **concentrations en nutriments et gaz** (N_2O/CH_4) dans les échantillons d'eau prélevés dans les différentes parties de l'estuaire

2) Etude en laboratoire

- Détermination des **paramètres cinétiques** des différents processus biogéochimiques
 - *Echantillons de matières en suspension incubés en batch en labo. 6 conditions différentes: (i) O_2 , (ii) en présence de NO_3^- , (iii) $Fe(III)$, (iv) $Mn(III)/Mn(IV)$, (v) SO_4^{2-} , (vi) sans ajout d'oxydant.*
- Suivi de la dynamique des **communautés microbiennes** – bactéries et archées – présentes dans les sédiments (amont, BV, aval) par **biologie moléculaire**
 - *Analyses détaillées sur les communautés microbiennes des cycles de l'azote et du soufre et les méthanogènes, liées à la dégradation de la MO en conditions anoxiques.*

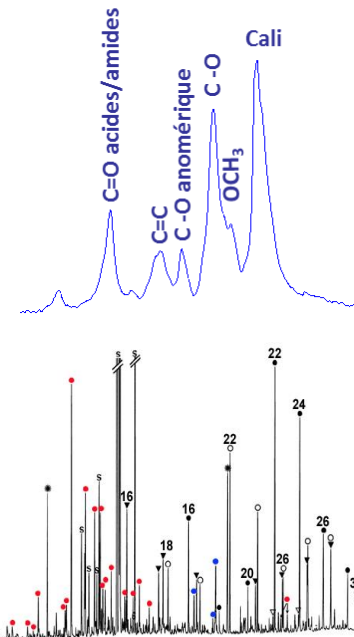
Tâche 2: dynamique de la matière organique

- Analyses structurales**

➤ **Spectroscopie infra-rouge à transformée de Fourier (IRTf):**
infos sur les fonctions chimiques présentes

➤ **Résonance magnétique nucléaire du carbone (RMN ^{13}C) à l'état solide:** infos sur les principaux groupements fonctionnels liés aux atomes de C.

➤ **Couplage pyrolyse-chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (Py-GC/MS).** Macromolécules cassées en unités de plus petites tailles, identification de grandes familles de composés (e.g. lignine).



✓ Analyses globales et moléculaires: informations clefs sur la **composition, les sources et degré de dégradation de la MO** dans l'estuaire.

⇒ **Evolution qualitative et quantitative de la MO dans les différents compartiments.**

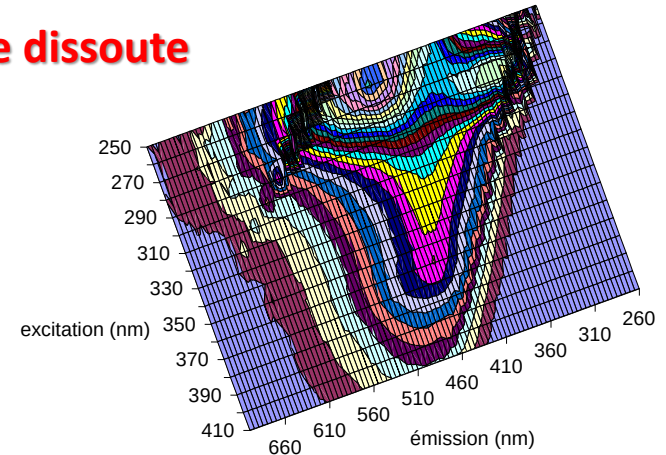
- Informations nécessaires pour comprendre le rôle de la MO sur la dynamique des contaminants et nutriments.

Tâche 2: dynamique de la matière organique

- Déterminer et comparer les **caractéristiques globales et structurales de la MO** dissoute, particulaire et sédimentaire dans les différentes parties de l'estuaire

- **Analyses globales – phase dissoute**

- **Spectrofluorimétrie tridimensionnelle:** infos sur le type (protéique, humique) et la concentration relative des différents composés fluorescents présents au sein de la MOD + origine et degré de maturation de la MO.
- **Système de fractionnement par couplage flux/force avec flux asymétrique (AF4):** infos sur la taille, l'état de dispersion et la forme des composés constituant la MOD.
- **Teneur en carbone organique dissous (COD)**



- **Analyses globales – phase particulaire et sédiment**

- **Analyses élémentaires (C, H, N).** Infos sur le degré de dégradation de la MO (rapport C/N).
- **Analyses isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$):** traçage de l'origine de la MO.

Projet MOSAIC

- Répondre aux questions suivantes:

1) **Dynamique de la MO** (dissoute/colloïdale, particulaire, sédimentaire) dans le BV et l'estuaire de Seine?

2) **Lien** avec la dynamique des **contaminants et nutriments**?

3) **Variabilité spatio-temporelle** des caractéristiques de la MO et impact sur les interactions MO-contaminants et dynamique des nutriments?

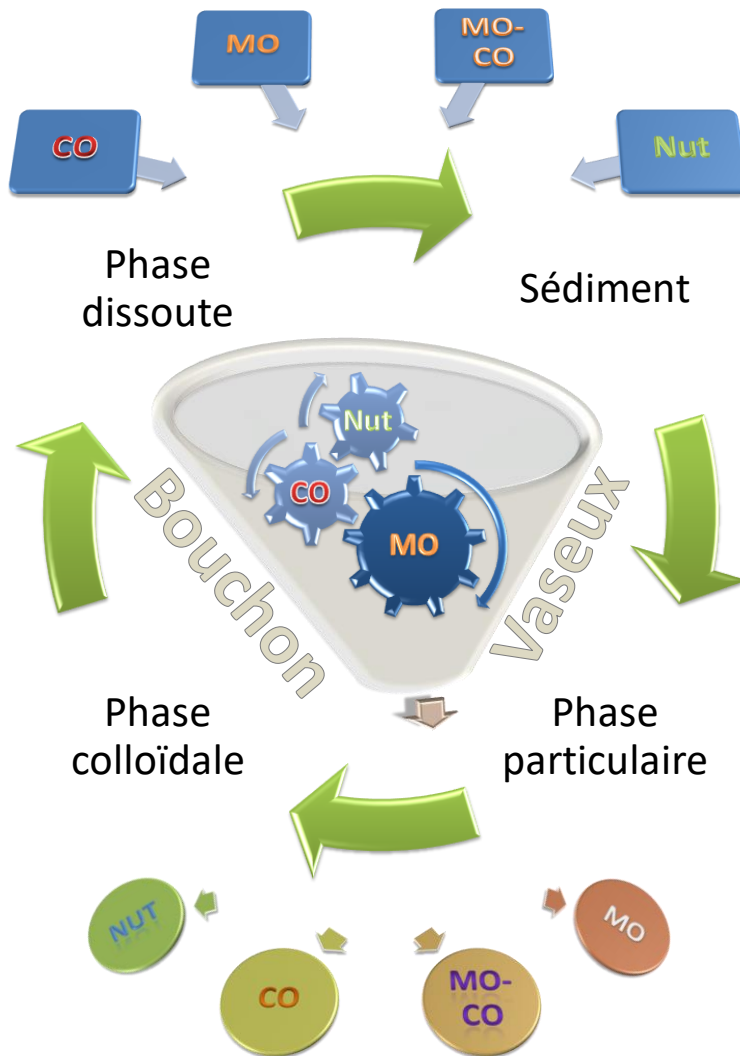
⇒ *Fournir in fine aux modèles de dynamique biogéochimique:*

- des **paramètres qualitatifs et quantitatifs** caractérisant la MO
- des **indicateurs** de la **variabilité chimique** et de la **dynamique** de la MO
- des données sur les **interactions MO-contaminants organiques**
- une évaluation des **paramètres cinétiques** de **minéralisation de la MO** associés aux cycles biogéochimiques (O, C, N, S, Fe)

MOSAIC Seine-Aval 5 (2013-2017)

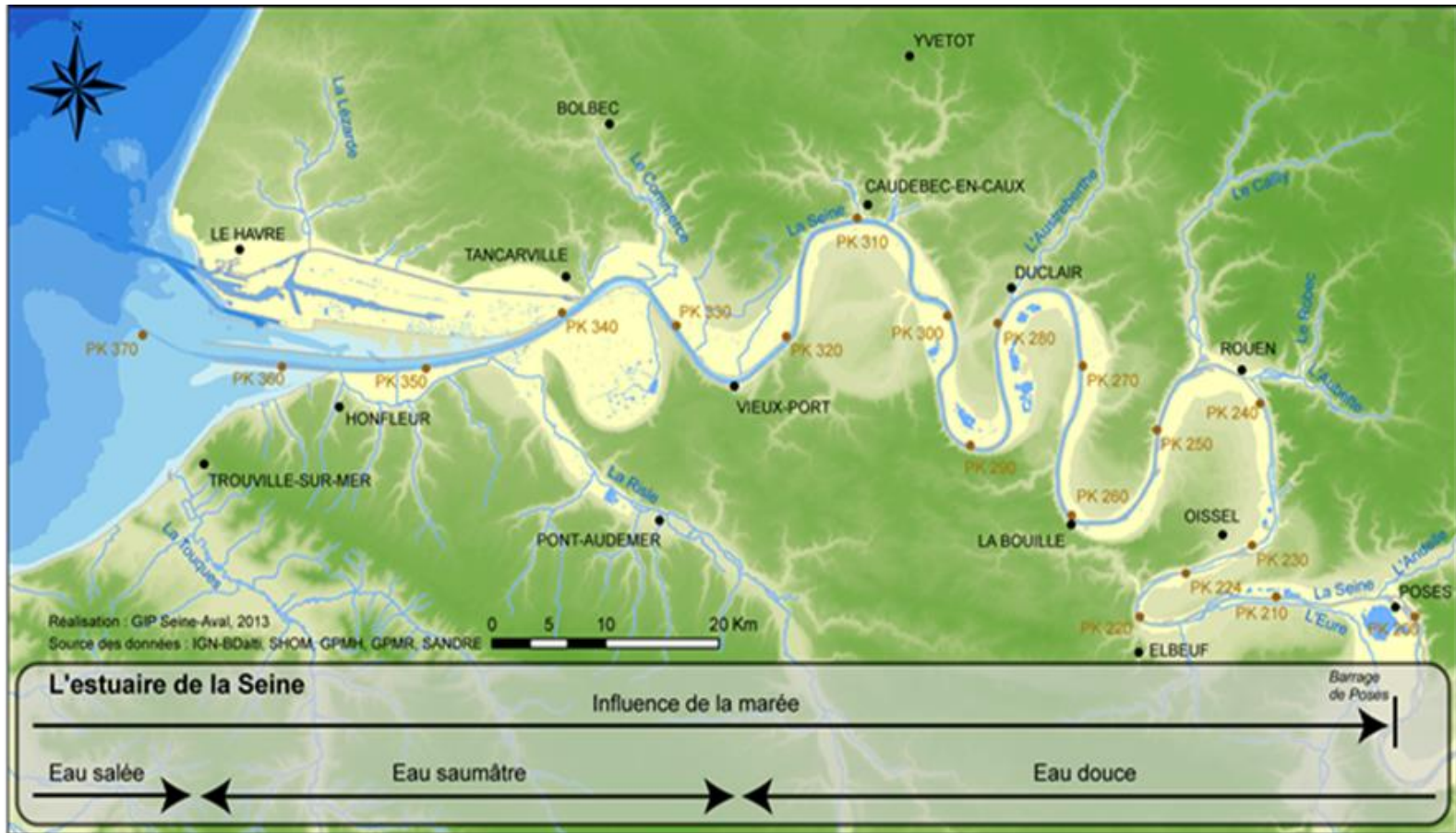
Processus azotés en estuaire de Seine bouchon vaseux et sédiment

**A.M. LAVERMAN, C. ROOSE-AMSALEG, I. BEUGRE, A. COJEAN,
J. ZOPFI, A. HUGUET**



MOSAIC :

Dynamique de la Matière Organique
dans le bouchon vaSeux
de l'estuAire de Seine en lien avec les
nutrIments et les Contaminants
organiques



- Anthropisation soutenue
- Forte industrialisation et agriculture intensive



Contamination azotée

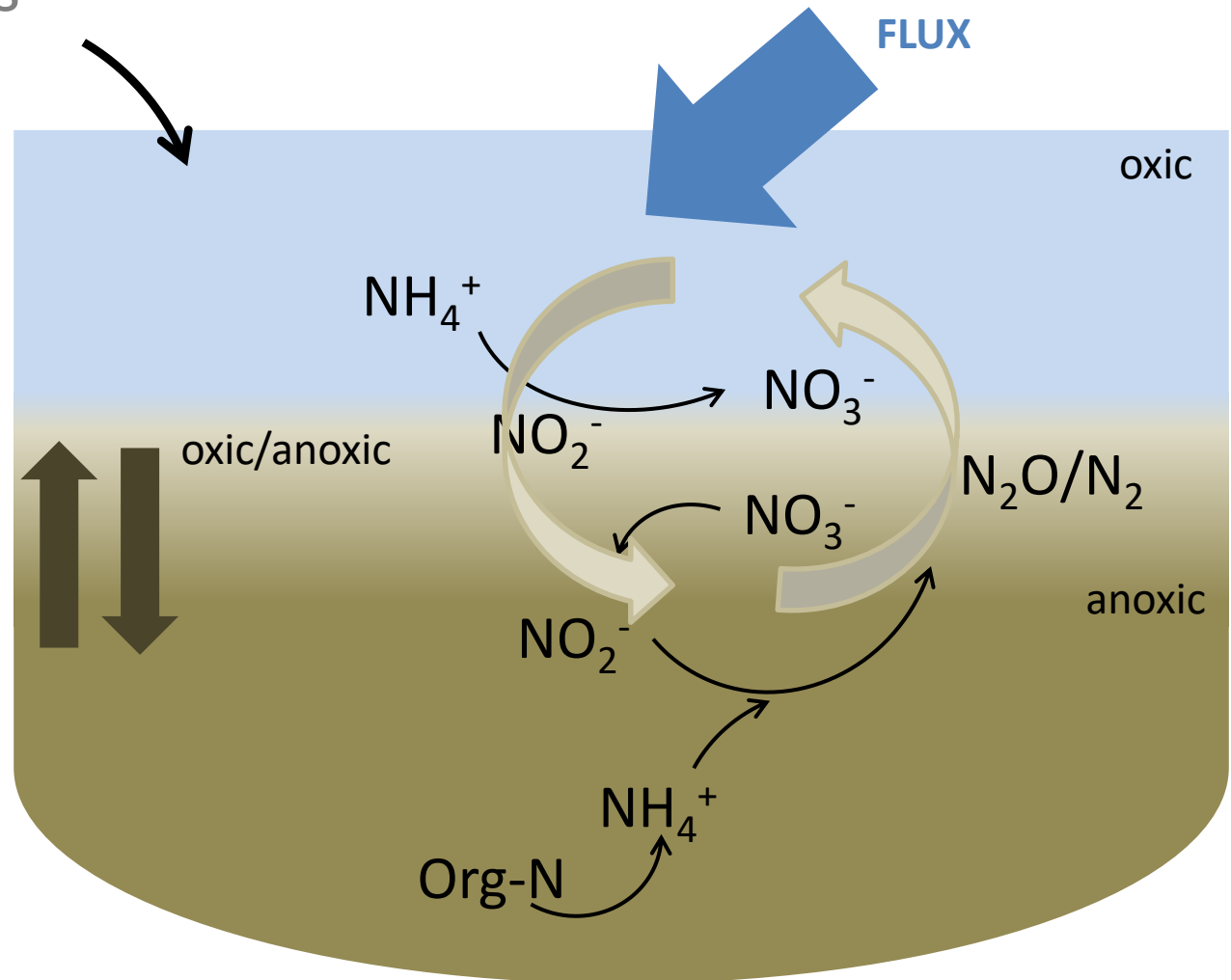
Billan azote: Bouchon vaseux et sediment

Sources externes
STEP, affluents,
écoulements

oxic
nitrification

anoxic

Denitrification
DNRA
anammox



Objectif

Identifier les **processus** potentiels du **cycle de l'azote** le long de l'estuaire dans la colonne d'eau/bouchon vaseuse et les sédiments

Quels taux des réactions ?

Quelles abondances microbiennes des communautés fonctionnelles ?

Prélèvements

2015

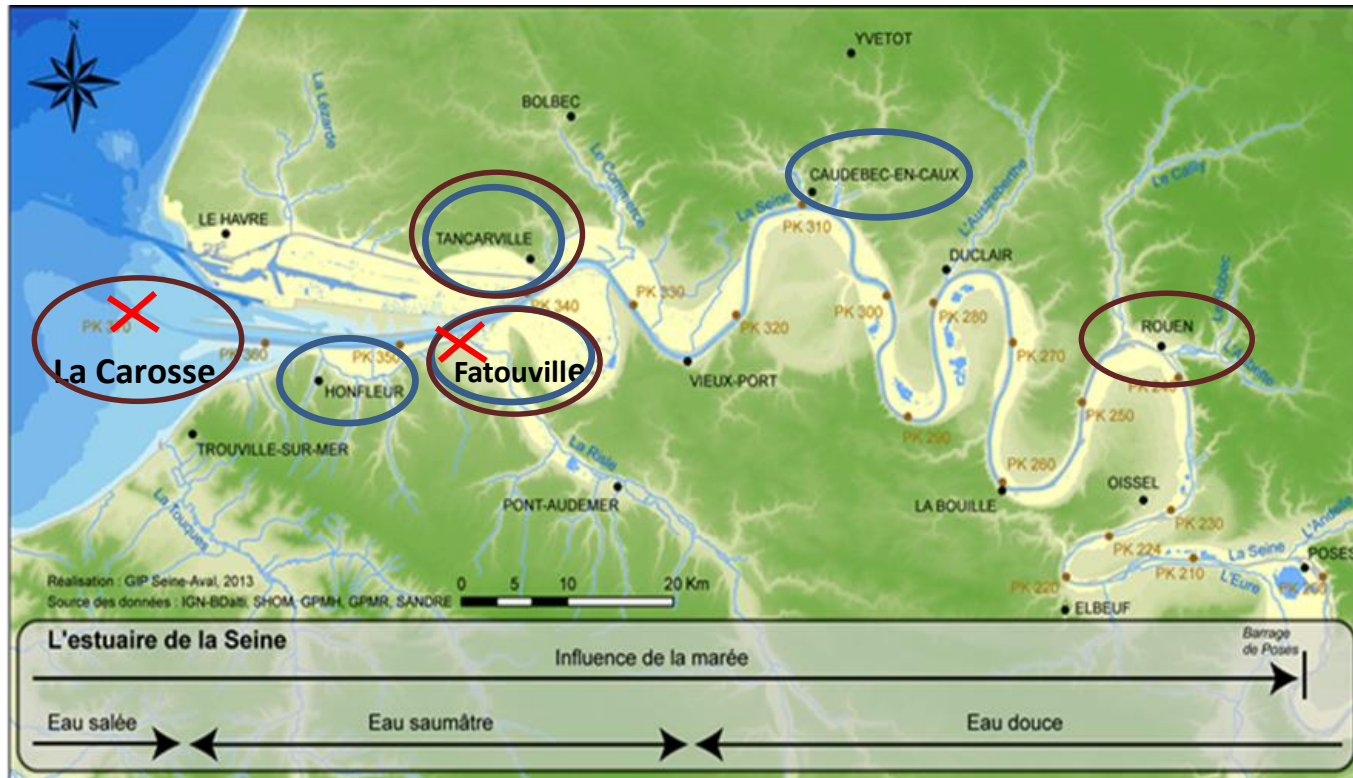
2016

Avril
37

Septembre
110

Avril
84

Coeff
marée



Colonne d'eau

7 m

9 m

Sédiments

Surface

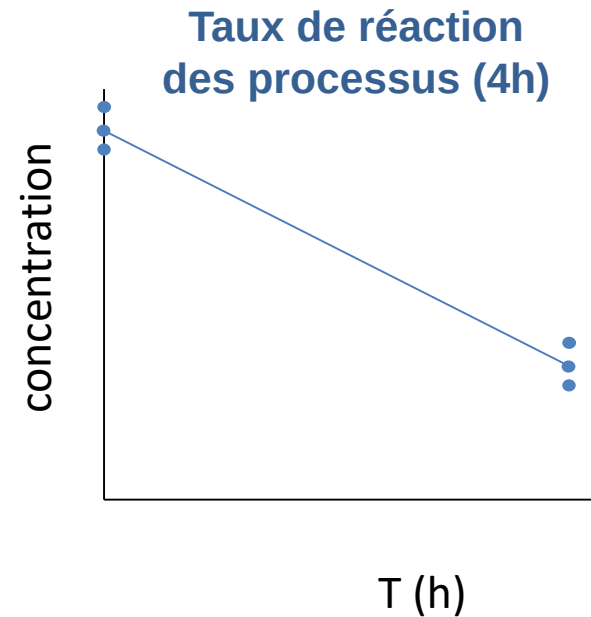
Mi-fond

Fond

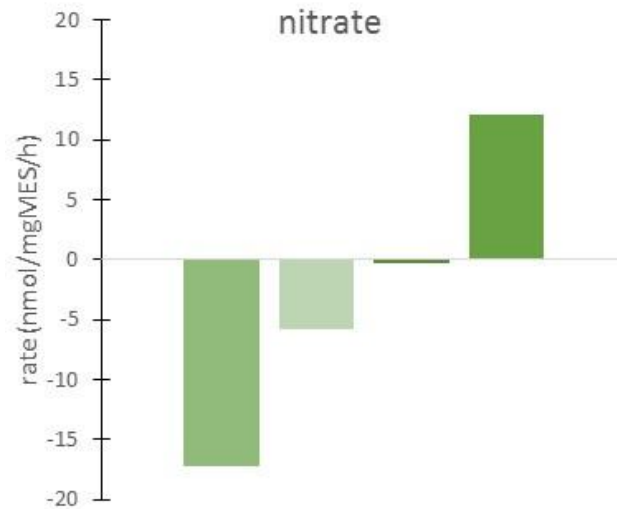
Approche: Transformations N bouchon vaseuse



Incubations batch

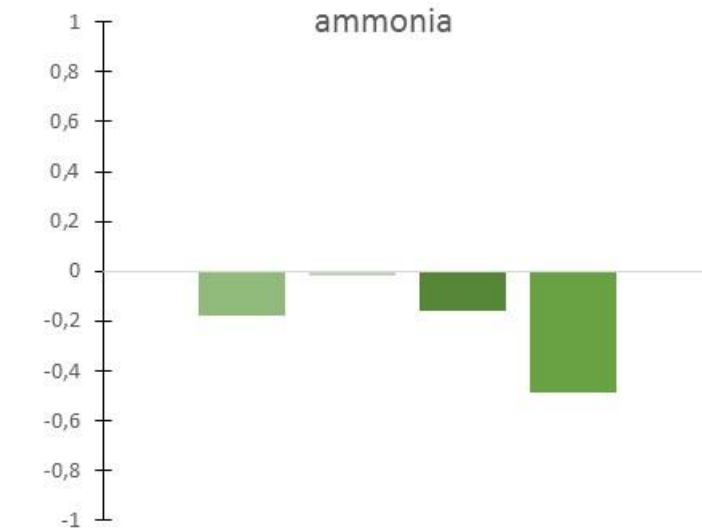


Résultats: bouchon vaseuse



Septembre 2015

Consommation (dénitrification) ou
production (nitrification) NO_3^-



Consommation $\text{NH}_4^+ \rightarrow$ nitrification

Taux transformation
 $\text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+$

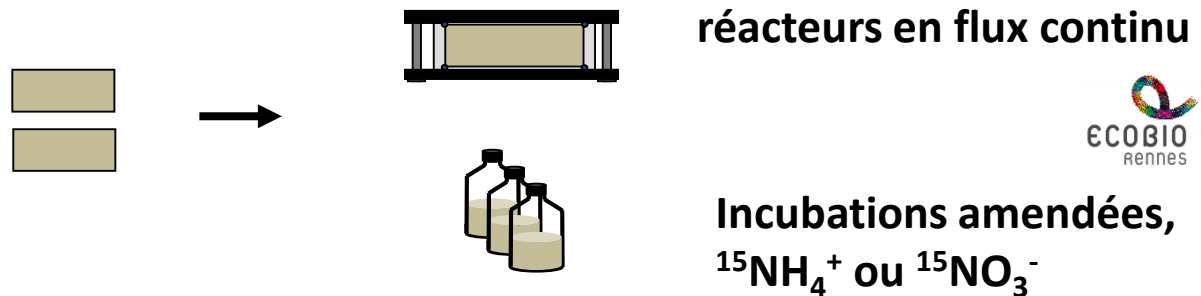
Honfleur Fatouville Tancarville Caudebec

Approche: Transformations N sédiment

Profils nutriments eaux porale



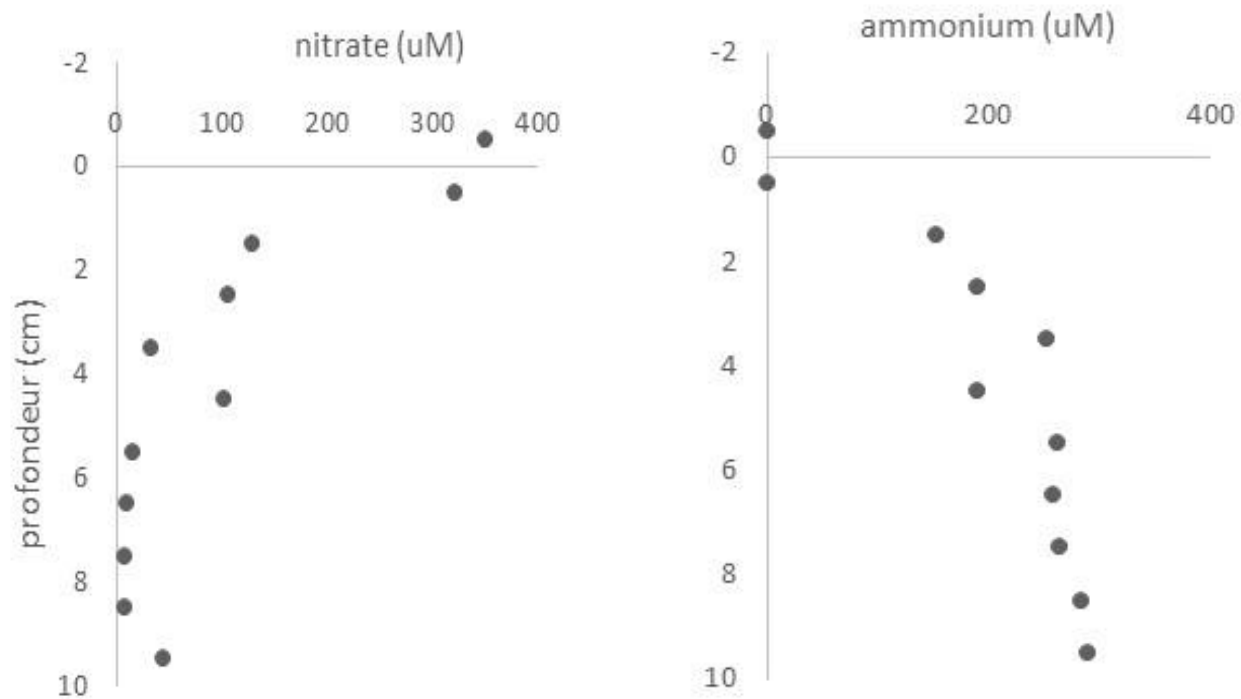
Détermination des taux



Résultats: Nutriments eau porale

Profiles eau porale O_2 , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+

Exemple: Fatouville



Approche: modélisation

Modèle transport réactif (Medialab)

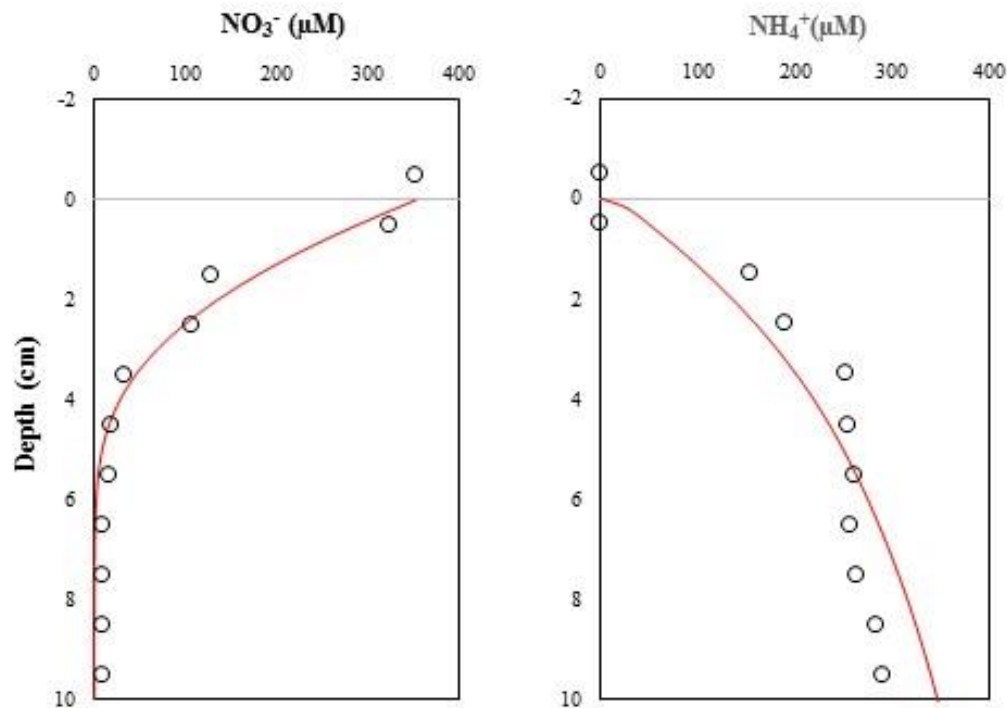
Collaboration avec Ecohydrology group Université de Waterloo (Canada)

→ Détermination taux et flux N benthique

- Reactions biogéochimique
 - ✓ *e.g.* respiration, nitrification, dénitrification, dégradation MO,
- Transport
 - ✓ diffusion, advection, bio irrigation, biourbation

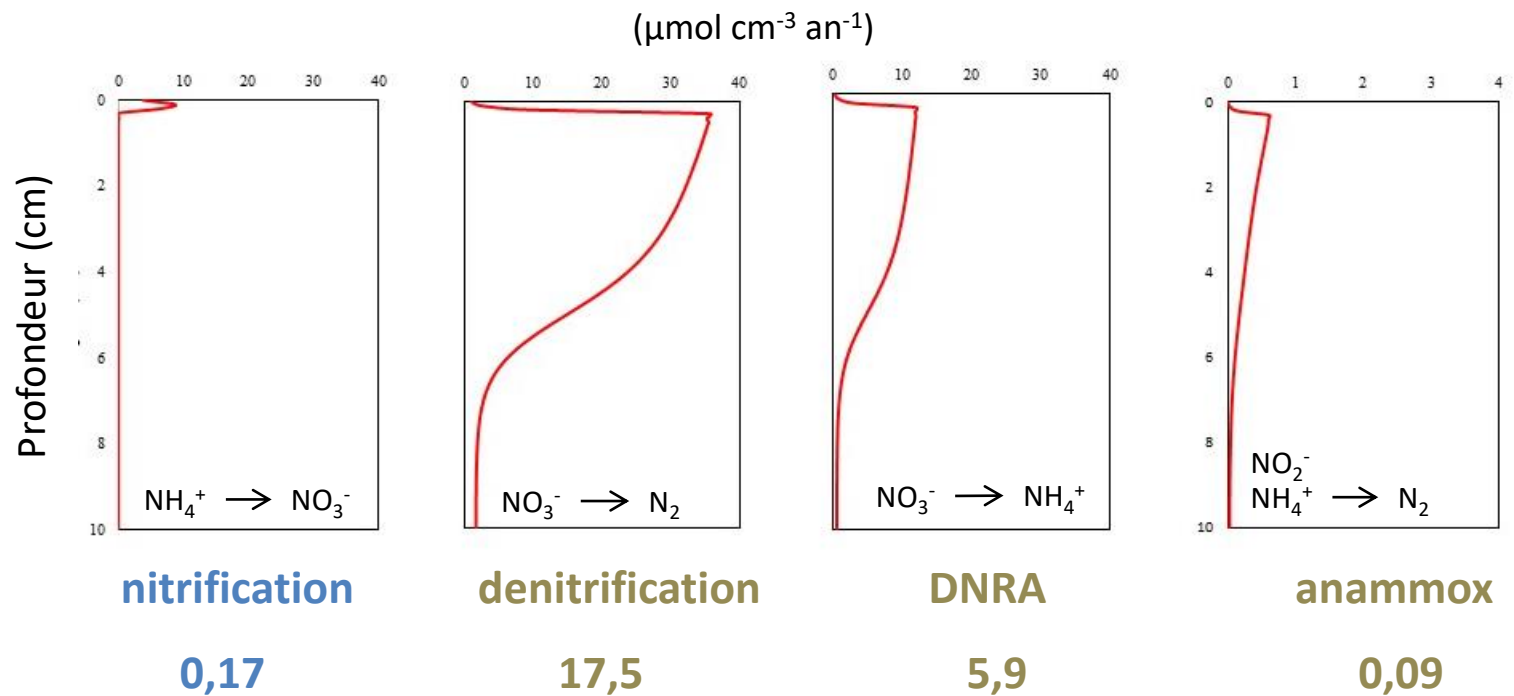
Résultats: Modèle transport réactif

Exemple: Fatouville



Résultats: Modèle transport reactif

Taux processus azotes dans le sédiment



→ Taux intégrée ($\mu\text{mol cm}^{-2} \text{an}^{-1}$)

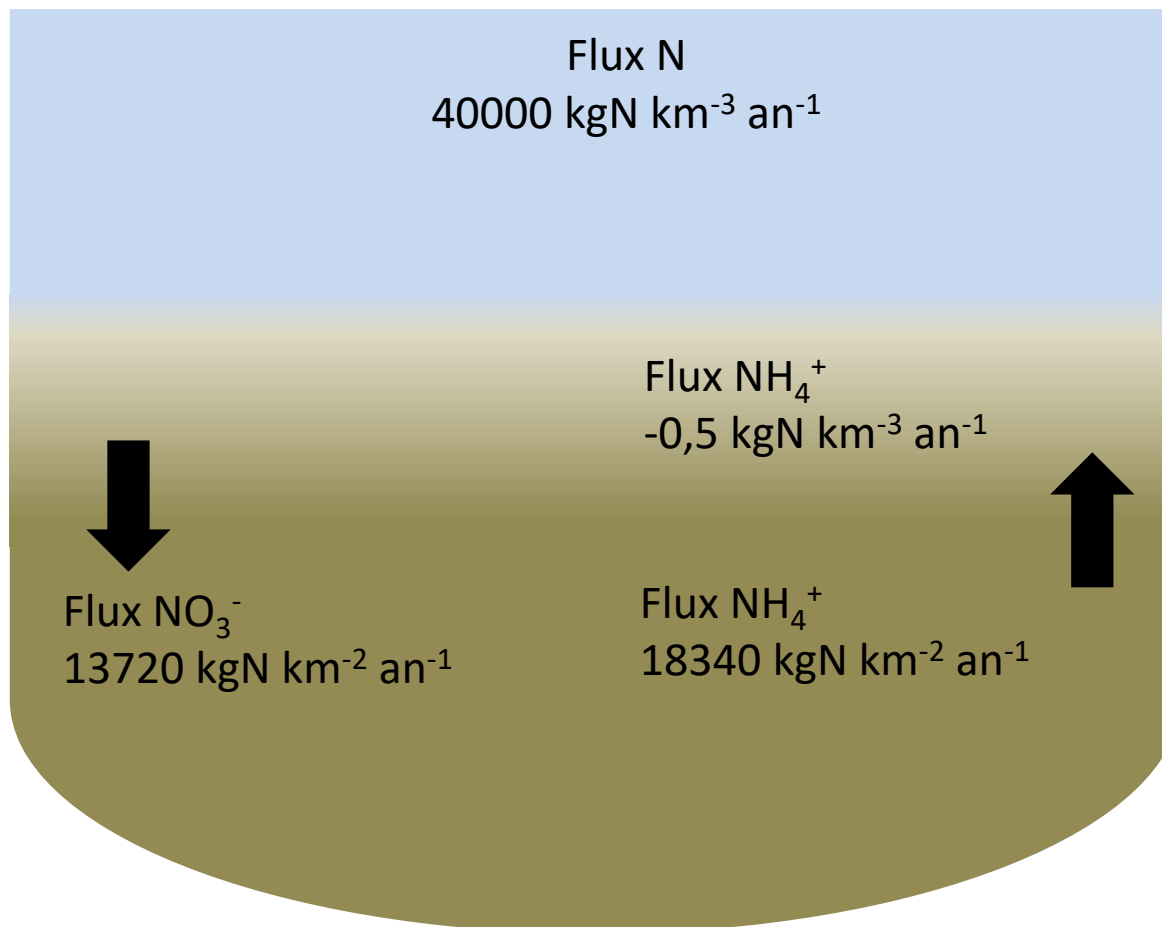
Modèle transport réactif (Medialab)

Validation résultats modèle

Comparaison

- Paramètres cinétiques et transport bibliographique
- réduction de nitrate en réacteurs
- Taux de dénitrification, DNRA, anammox
- Présence des microorganismes
- production de CO₂ (batch)

Billan azote: BV et sediment



Fatouville

En cours et perspectives

- ✓ Analyses de sensibilité
 - Quel facteurs ont un impact sur les flux de N?
- Finalisation modélisation autres sites