

MELTING POT(ES)

Modélisation de l'Évolution à Long Terme des INGénieurs d'écosystèmes marins en réPOnse au changement climatique et au Transport sédimentaire en Estuaire de Seine

Projet de recherche OFB 2021-2023 dans le cadre de la Mission Inter-Estuaire

Amélie Lehuen - Francis Orvain

Doctorat 2020-2023 ED nBISE financé à RIN 100% Région

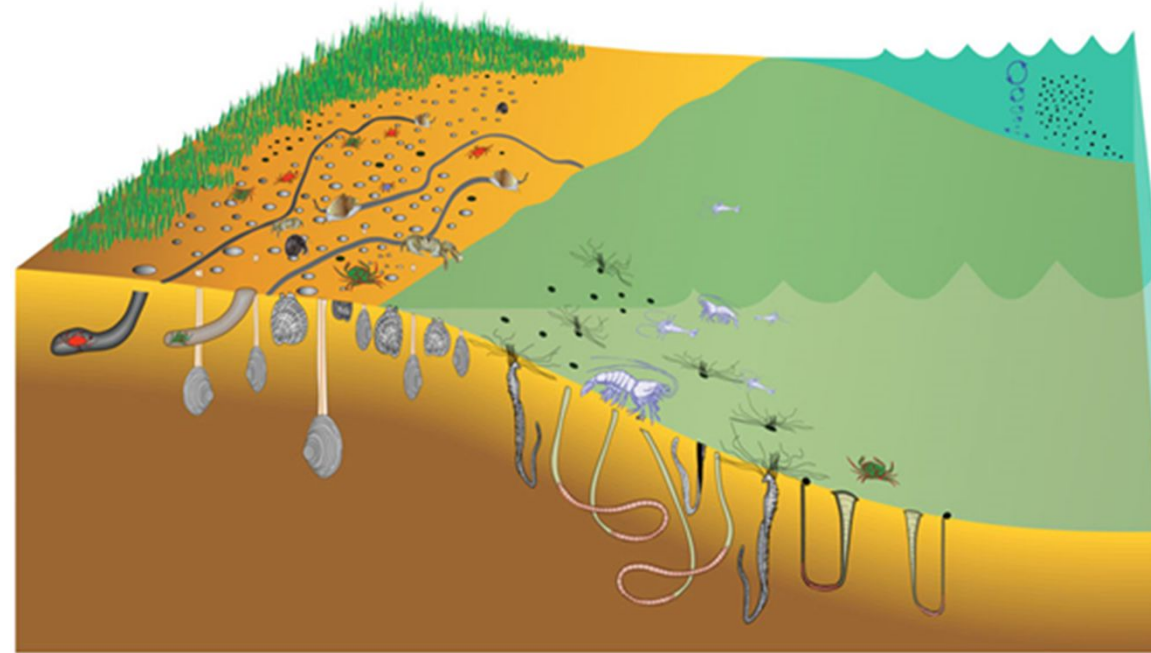
Le milieu benthique intertidal

La macrofaune benthique utilise le sédiment en tant que

- lieu de vie et de reproduction
- source de nourriture et de protection

Dans l'estuaire de la Seine, la macrofaune benthique dominée par 6 espèces

- *Hediste diversicolor*
- *Peringia ulvae*
- *Corophium volutator*
- *Limecola balthica*
- *Scrobicularia plana*
- *Cerastoderma edule*



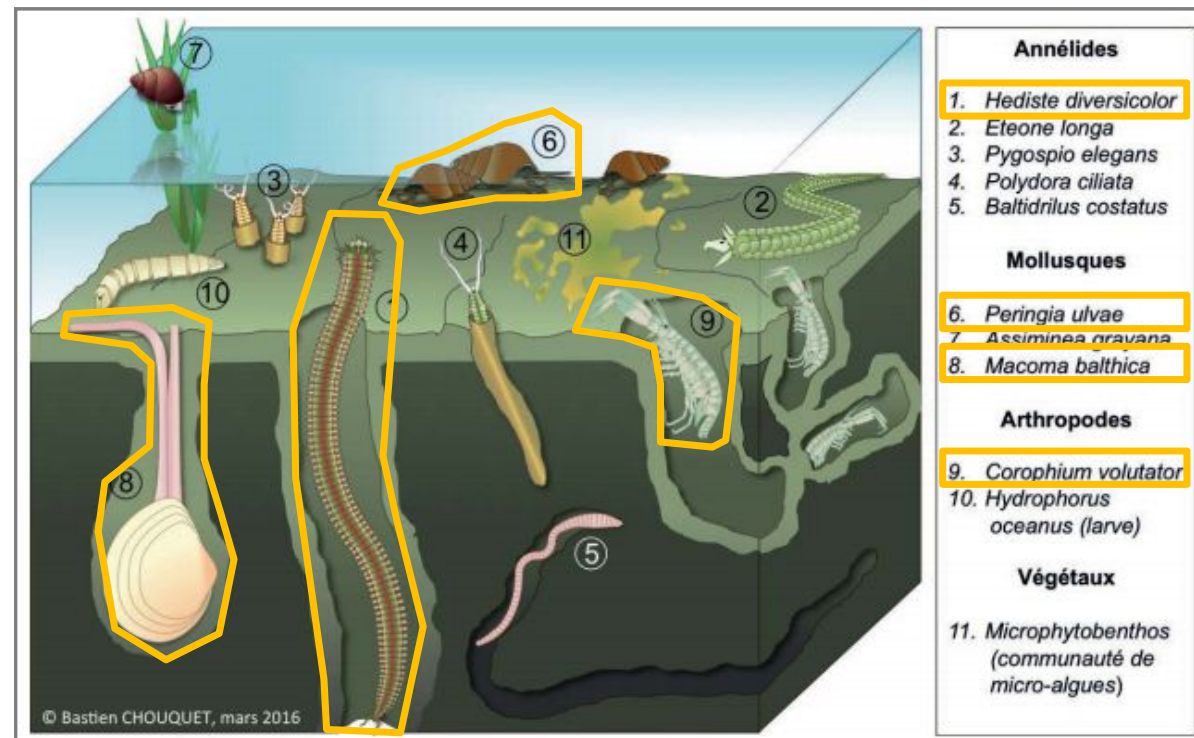
Le milieu benthique intertidal

La macrofaune benthique utilise le sédiment en tant que

- lieu de vie et de reproduction
- source de nourriture et de protection

Dans l'estuaire de la Seine, la macrofaune benthique dominée par 6 espèces

- *Hediste diversicolor*
- *Peringia ulvae*
- *Corophium volutator*
- *Limecola balthica*
- *Scrobicularia plana*
- *Cerastoderma edule*



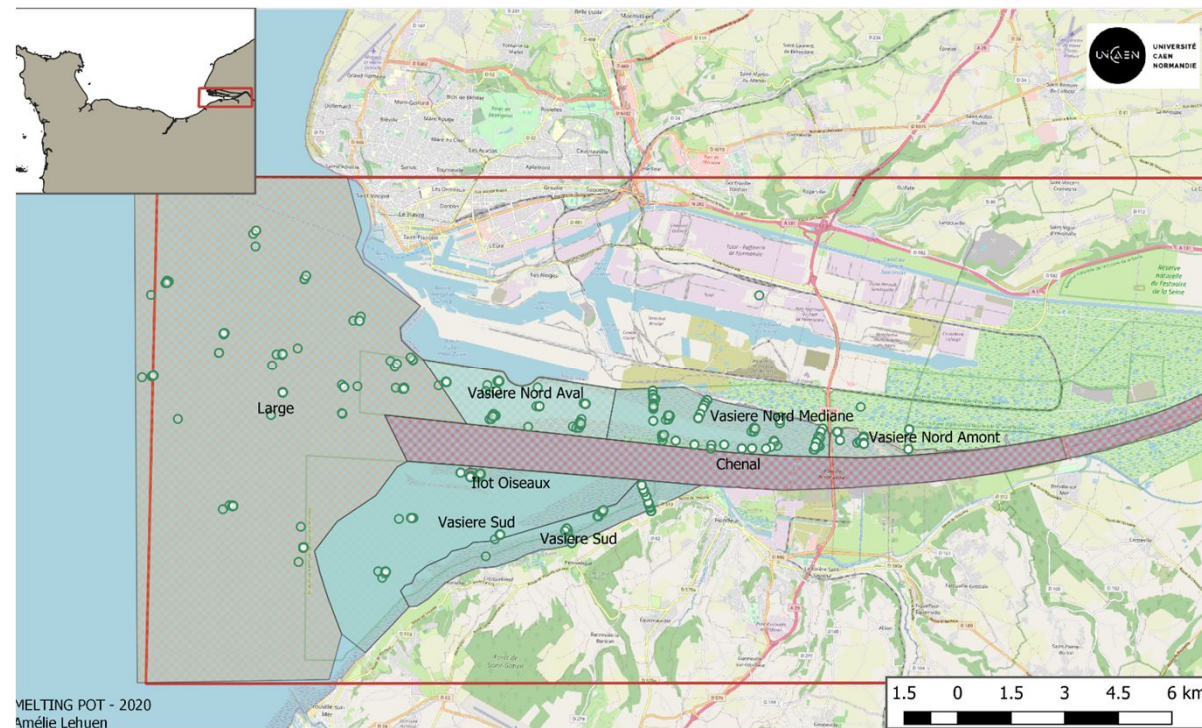
Les données biologiques : MABES

Jeu de données ciblé en premier lieu

- De 2000 à 2018
- 1 à 2 campagnes par an
- 50 stations de prélèvements par campagne

Collecte élargie dans un deuxième temps

- Spatialement : sur la Baie de Seine
- Temporellement : à partir de 1990



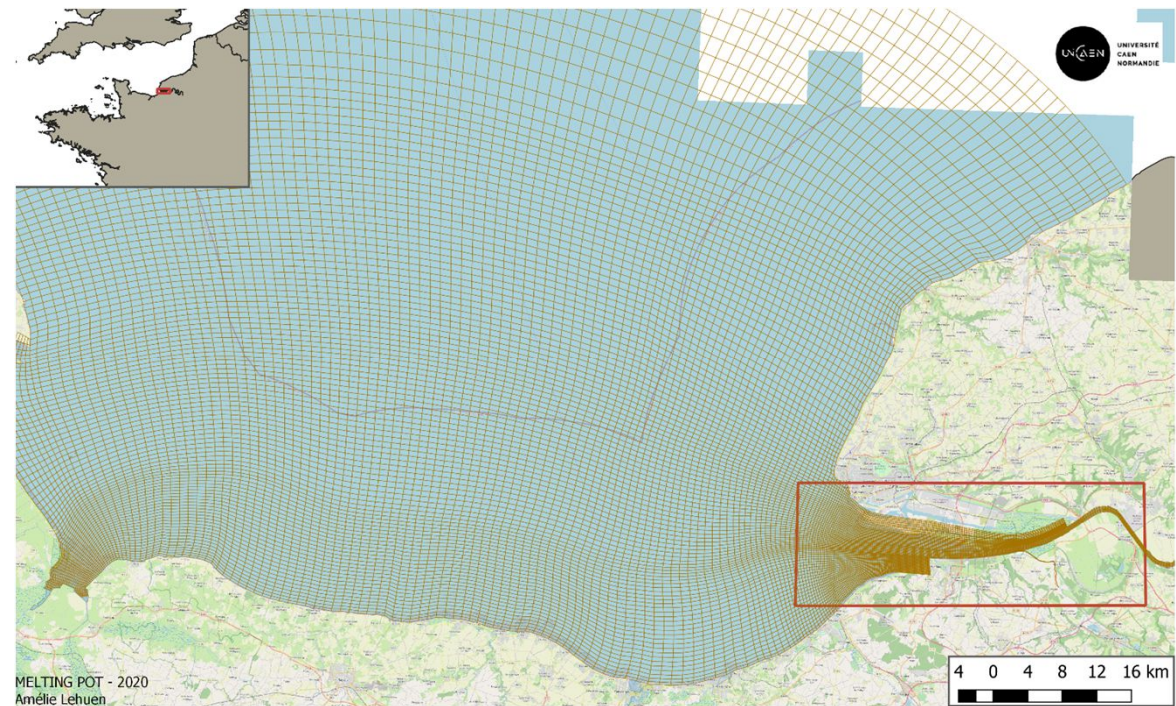
Les données physiques : Mars 3D

Structure de données du modèle

- Plusieurs modules de calculs selon les besoins
 - *Sédiments* : *MUSTANG*
- Deux espaces
 - *Colonne d'eau*
 - *Sédiment*
- Variables en 2, 3 et 4D

Projet ARES (GIPSA 6)

- Génération jeu de 1990 à 2000 et 2005 à 2018
- Toutes les 30 minutes
- 1 an $\approx$ 150 Go



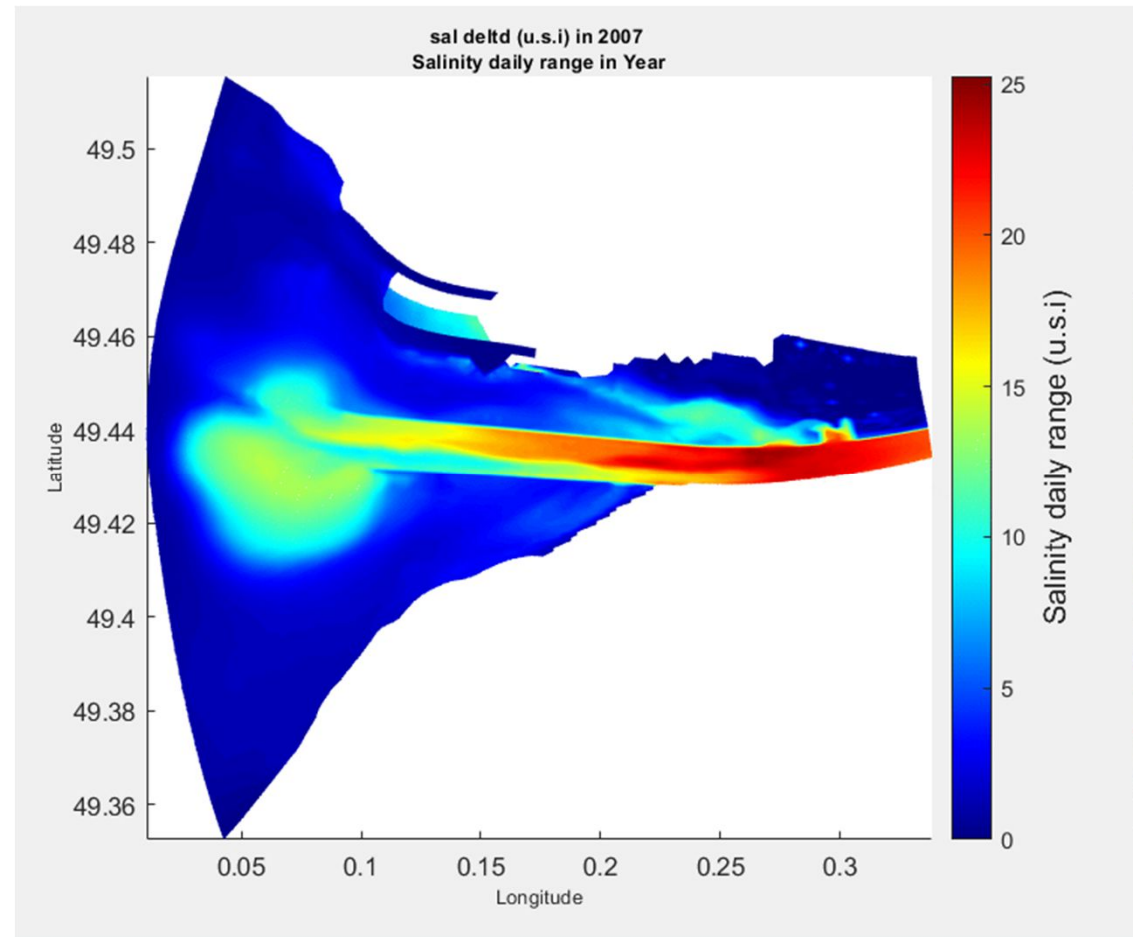
Les données physiques : Mars 3D

Structure de données du modèle

- Plusieurs modules de calculs selon les besoins
 - *Sédiments* : MUSTANG
- Deux espaces
 - *Colonne d'eau*
 - *Sédiment*
- Variables en 2, 3 et 4D

Projet ARES (GIPSA 6)

- Génération jeu de 1990 à 2000 et 2005 à 2018
- Toutes les 30 minutes
- 1 an $\approx$ 150 Go

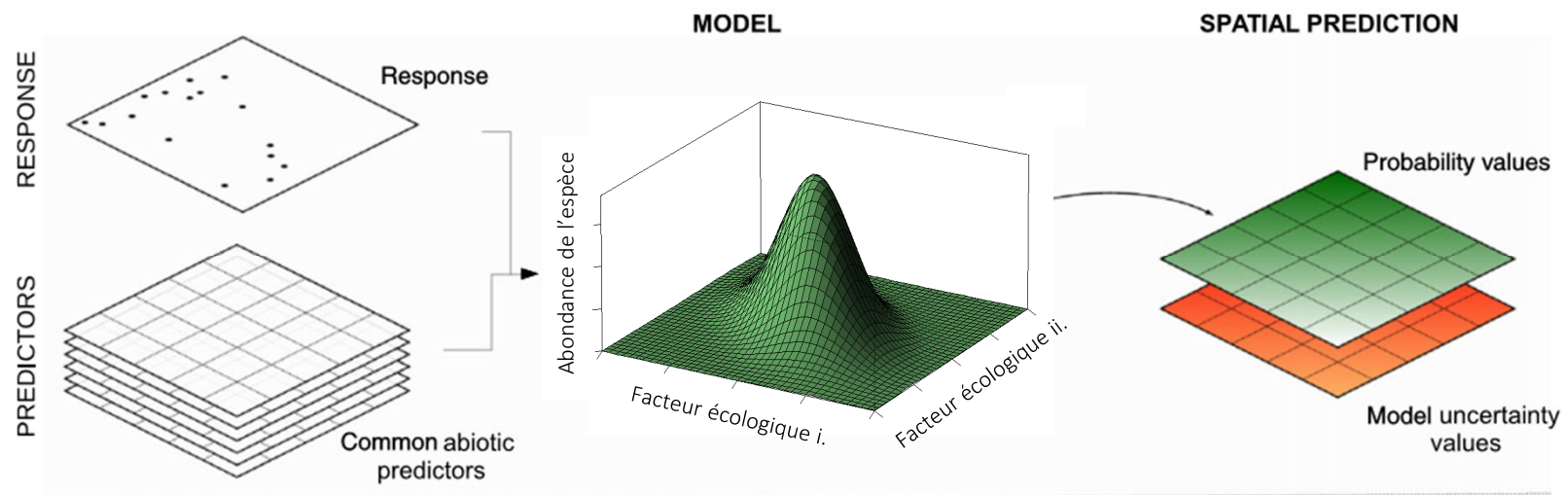


Modèles de Distribution d'Espèces

SDM (*Species Distribution Model*)

Définir les paramètres physiques qui expliquent au maximum la distribution de l'espèce (biomasse/densité) dans l'espace

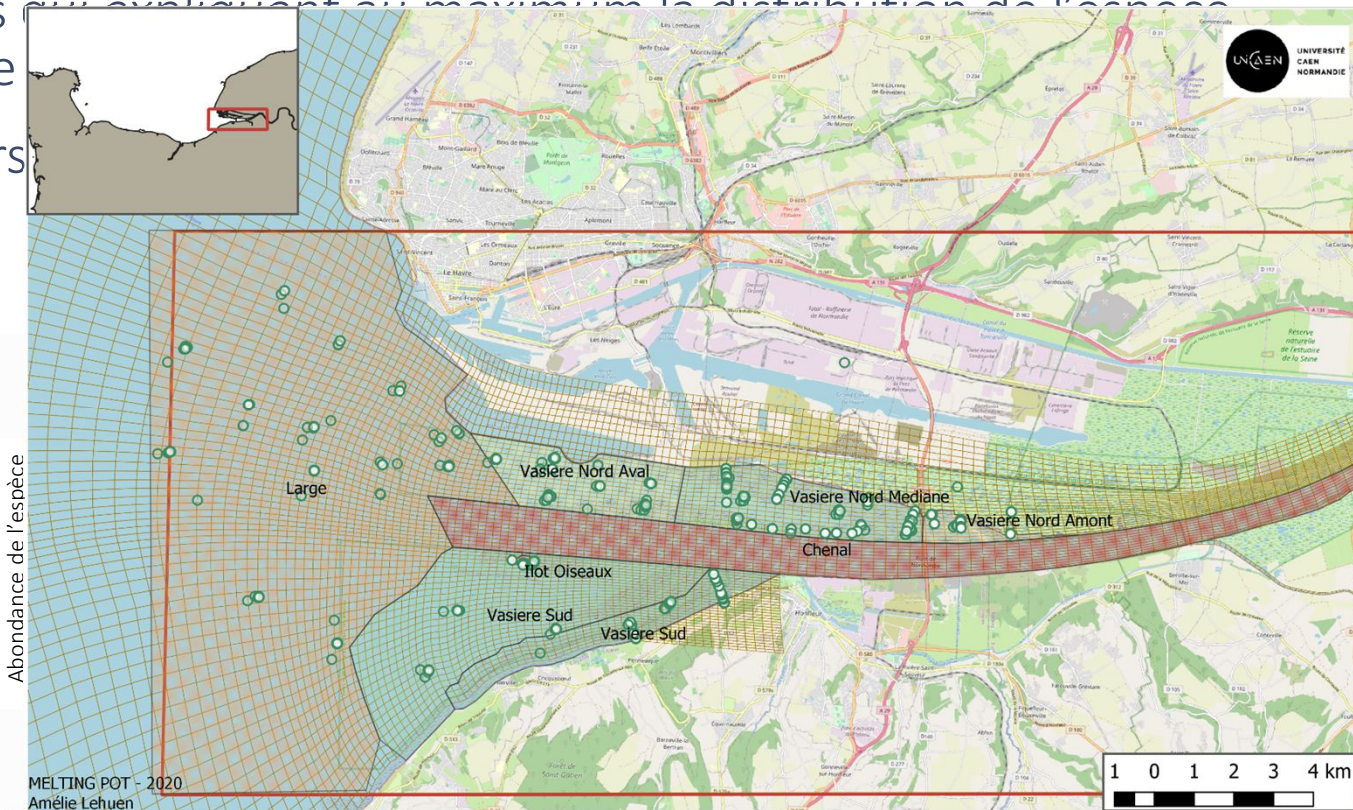
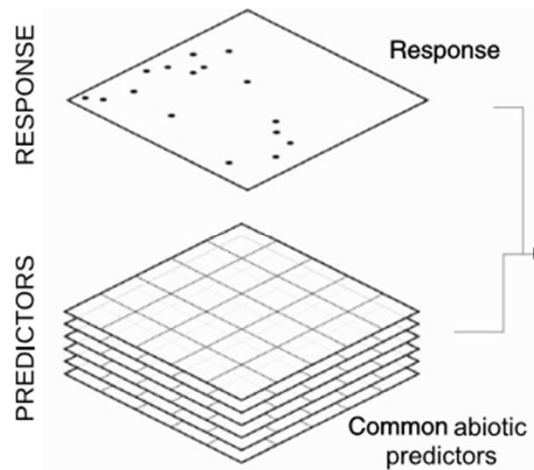
Peut être un, deux voire plusieurs facteurs physiques



Modèles de Distribution d'Espèces

SDM (*Species Distribution Model*)

Définir les paramètres physiques qui expliquent au maximum la distribution de l'espèce
 (biomasse/densité) dans l'espace
 Peut être un, deux voire plusieurs



Niche Ecologique Optimale – SDM-NEO

Considérer pour les facteurs physiques clés les conditions pour accueillir un maximum de réponse biologique

Régression quantile permet de définir la relation entre :

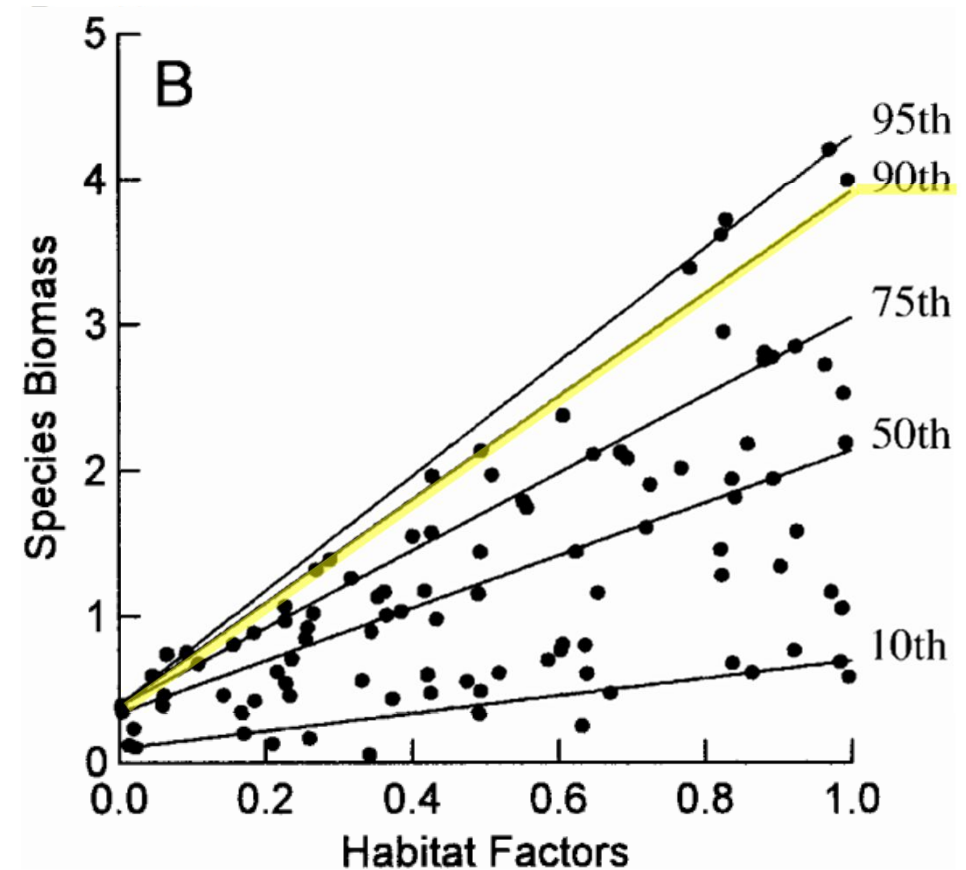
- Un/des prédicteur(s) (variables physiques)
- Un quantile choisi de la réponse (biologique)

Au-dessus du 90^{ème} centile :

- Réponse maximale potentielle lorsque le facteur étudié est la contrainte active, et que les autres facteurs non utilisés sont non limitants

Sur une série temporelle de 30 ans, il existe des circonstances où les facteurs limitants sont minimales

- Affranchissement des circonstances exceptionnelles (ex. trophique, météorologiques ou contamination)



Niche Ecologique Optimale – SDM-NEO

Considérer pour les facteurs physiques clés les conditions pour accueillir un maximum de réponse biologique

Régression quantile permet de définir la relation entre :

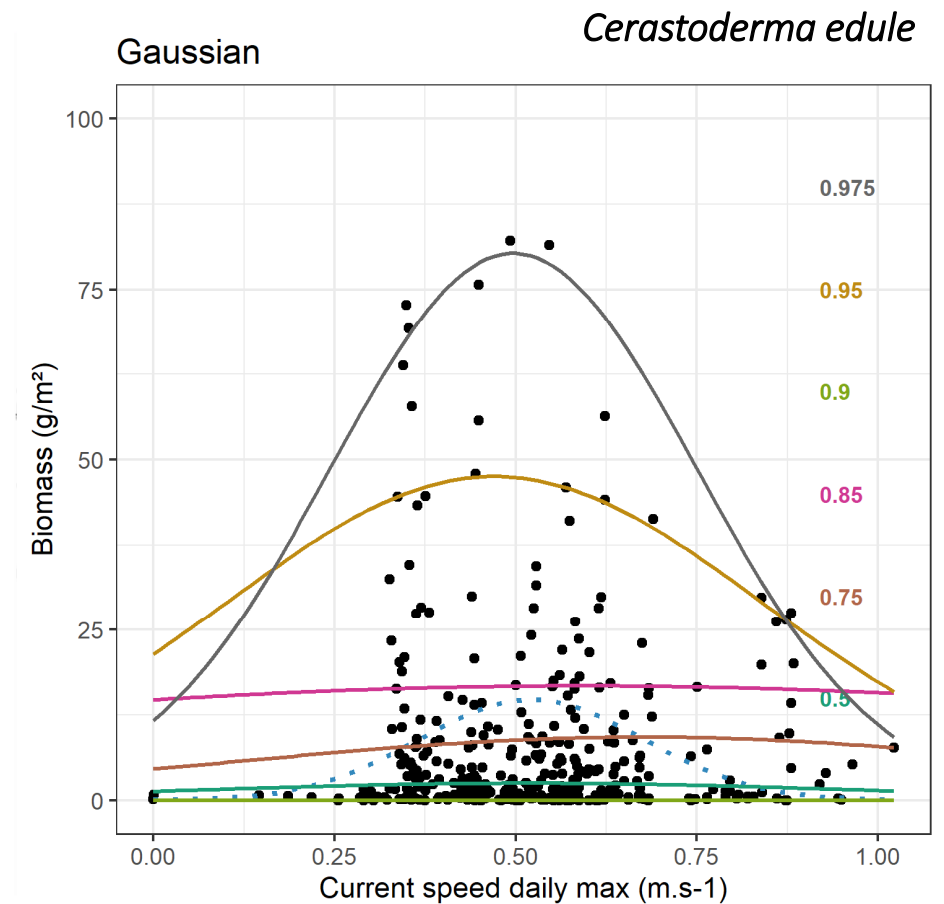
- Un/des prédicteur(s) (variables physiques)
- Un quantile choisi de la réponse (biologique)

Au-dessus du 90^{ème} centile :

- Réponse maximale potentielle lorsque le facteur étudié est la contrainte active, et que les autres facteurs non utilisés sont non limitants

Sur une série temporelle de 30 ans, il existe des circonstances où les facteurs limitants sont minimales

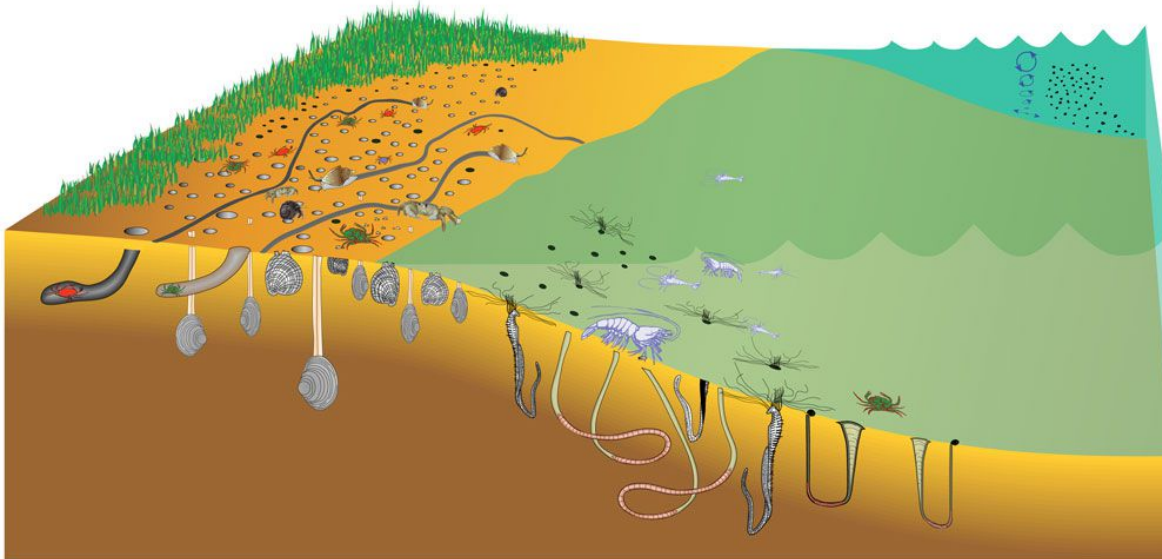
- Affranchissement des circonstances exceptionnelles (ex. trophique, météorologiques ou contamination)



La bioturbation

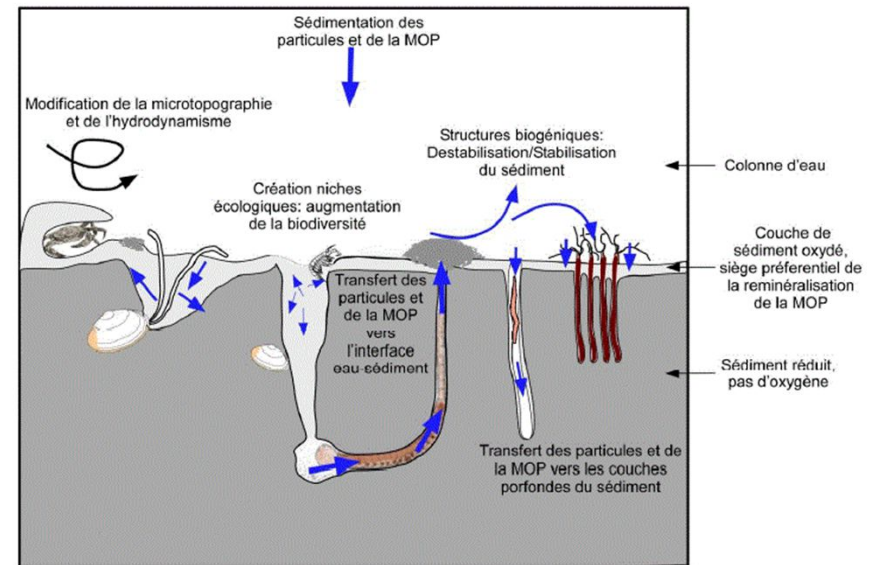
L'activité individuelle des espèces ingénieures a un effet sur le sédiment

- Bioturbation
- Biostabilisation



Combinaison à l'échelle de la communauté benthique

- Résultante de leurs interactions biologiques



Objectif du projet

Mise à niveau du modèle physique par ajout de la bioturbation dans le transport des sédiments

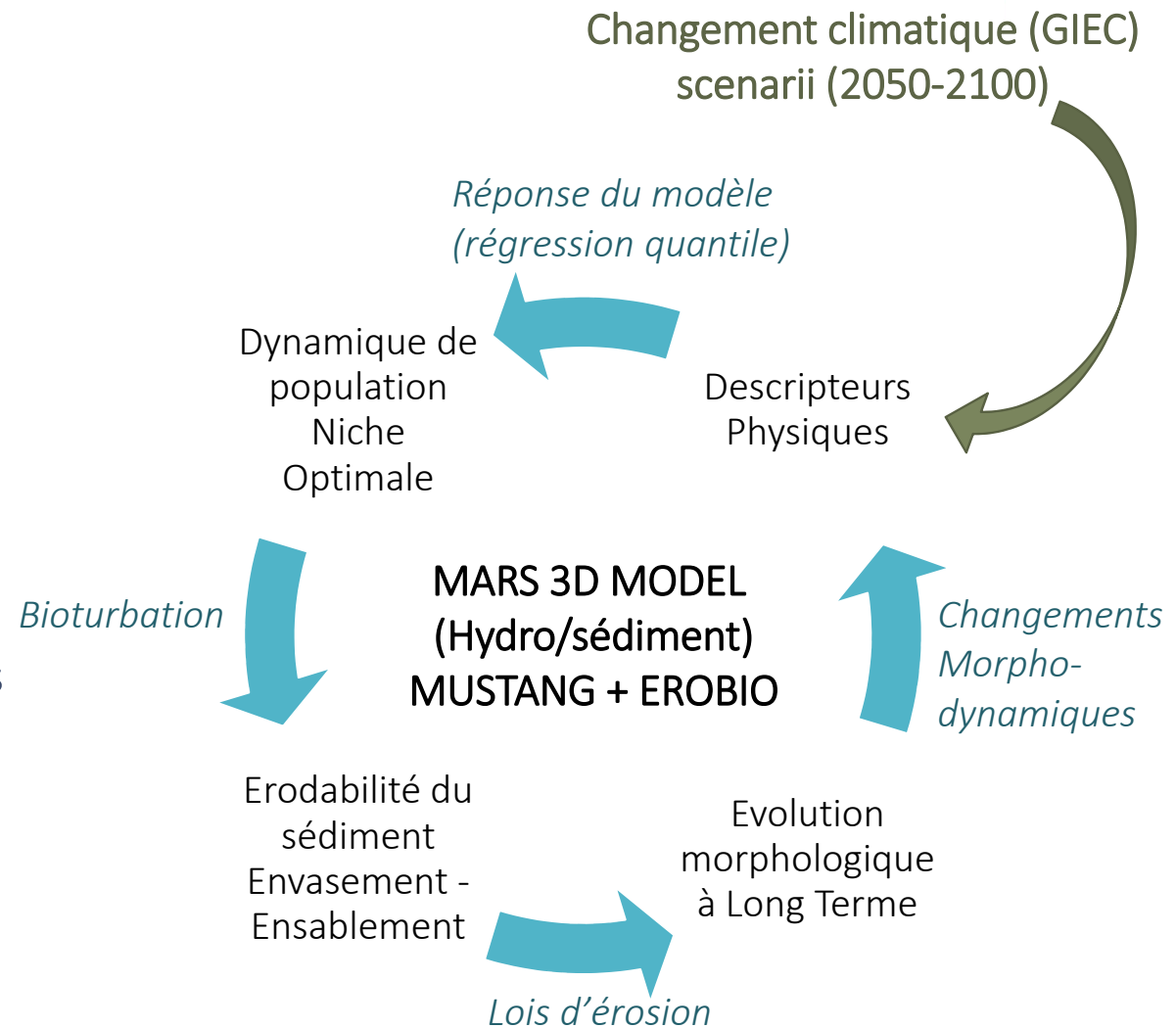
- Prise en compte des boucles de rétroaction
- Ajout de la notion de résilience
- Amélioration de la simulation

Optimisation en travaillant sur d'autres modèles d'estuaires (DELFT3D)

Projection jusqu'en 2050-2100 avec effets du changement climatique sur

- Bathymétrie
- Débit de la Seine
- Événements climatiques extrêmes

L'évolution des SDM-NEO?



Partenariats

En partenariat :

- **IFREMER – (Plouzané)** Laboratoire : DYNECO-Dhysed
 - *Coordinateur scientifique : Florent Grasso*
- **NIOZ – Royal Netherlands Institute of Sea Research (Yerseke, Netherland)** Laboratoire : Estuarine & Delta Systems (EDS)
 - *Coordinateur scientifique : Tjeerd Bouma*
- **Delft University of Technology (Delft, Netherland)** Laboratoire : Environmental Fluid Dynamics
 - *Coordinateur scientifique : Julie Pietrzak; Chercheurs : Peter Herman, Bram van Prooijen*
- **Italian National Research Council (Lecce, Italy) Research Institute on Terrestrial Ecosystems** Departement : URT Lecce
 - *Coordinateur scientifique : Francesco Cozzoli*
- **CSLN « Cellule de suivi du littoral normand » (Le Havre)**
 - *Ingénieur d'étude : Bastien Chouquet, Chloé Dancie*
- **Maison de l'estuaire (Le Havre)**
 - *Gestionnaire : Thomas Lecarpentier*



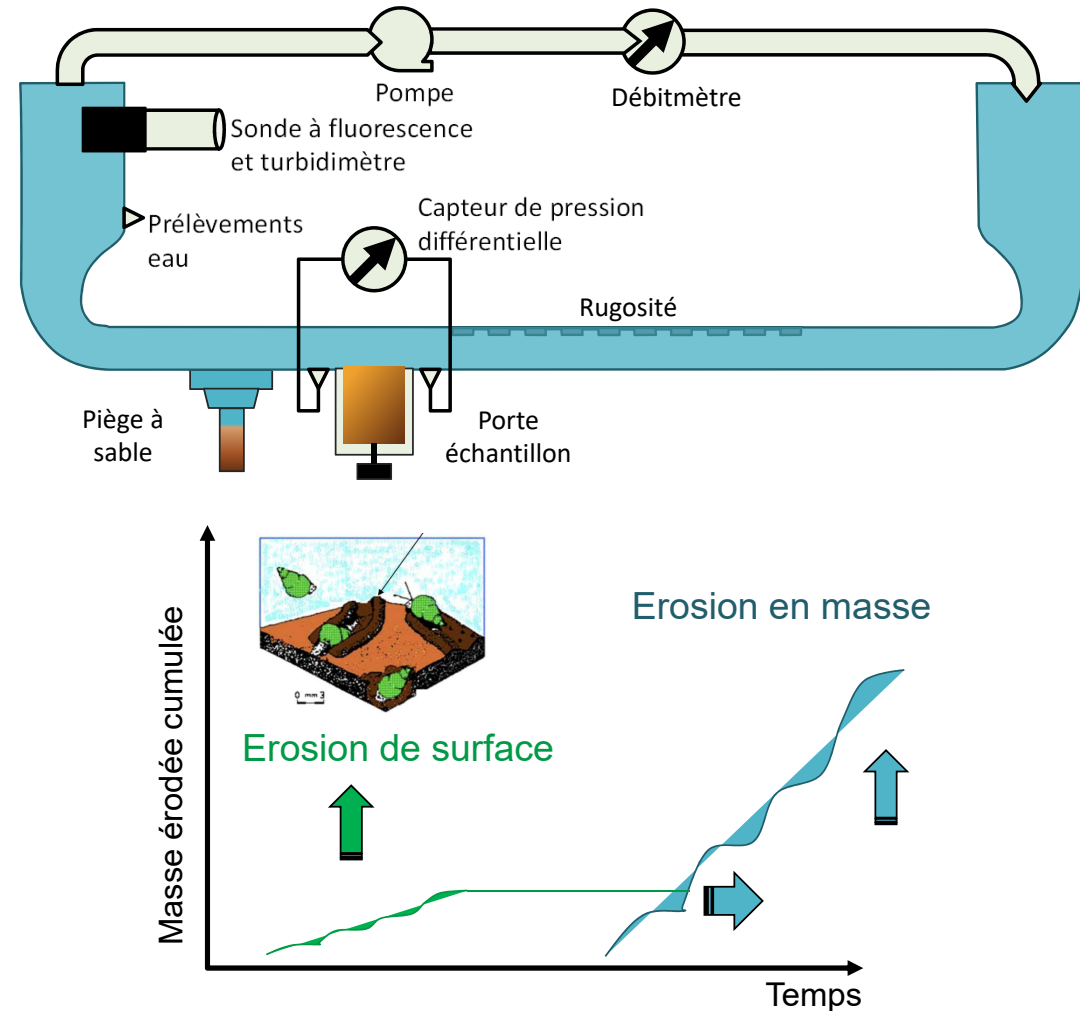
Merci de votre attention

Erodimetrie

Mesure de la remise en suspension du sédiment dans un érodimètre avec les espèces cibles

- Application d'un courant croissant et donc d'une tension de frottement croissante
- Variation des conditions expérimentales à besoin
 - *Type de sédiment et teneur en eau*
 - *Espèce / groupe fonctionnel / communauté*
 - *Biomasse / densité / biométrie des individus*

Etablissement d'une relation mathématique entre le flux remis en suspension et les paramètres expérimentaux



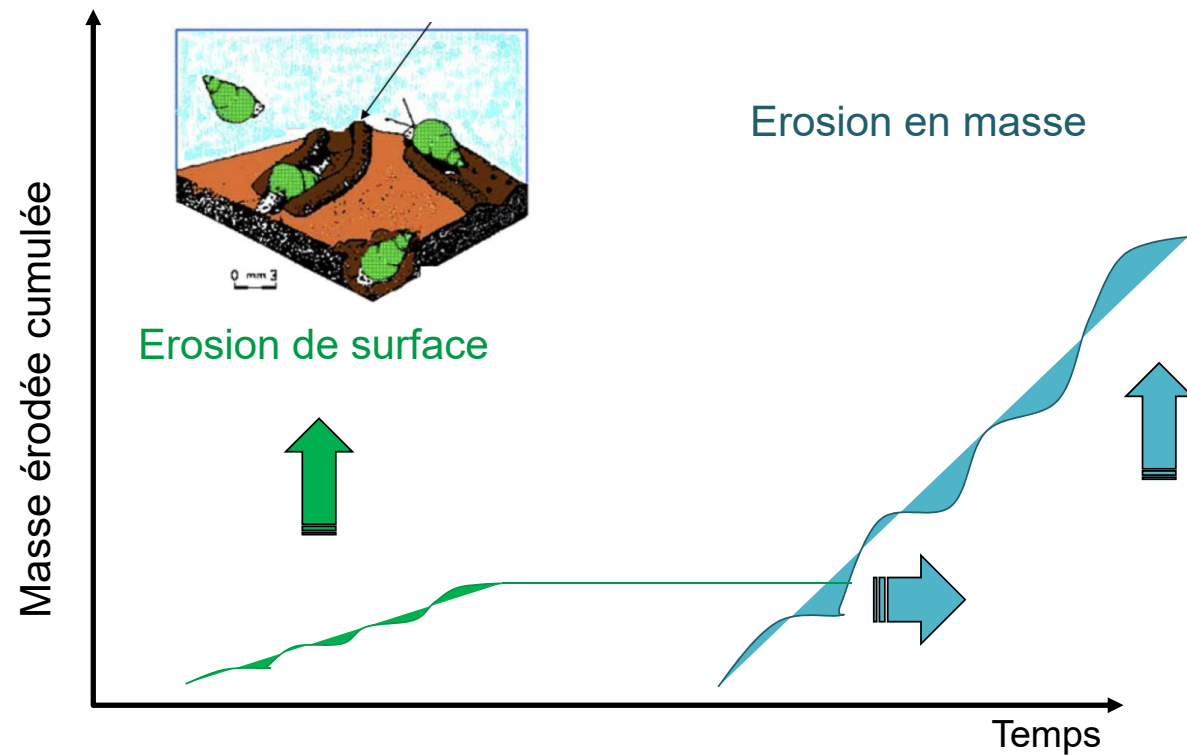
Les modèles d'érosion avec bioturbation

Erosion de surface ("Fluff layer" chronique)

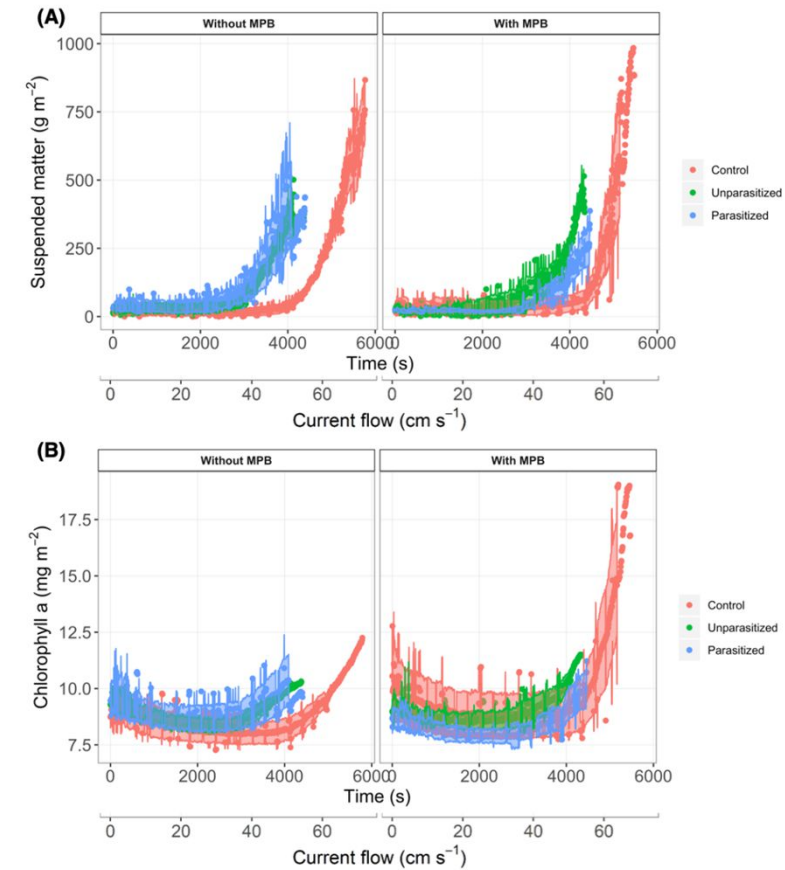
- Espèces de surface
- Dépendant biomasse bioturbateurs et différences inter-spécifiques

Erosion en masse (événementielle)

- Espèces en profondeur
- Modification du seuil critique d'érosion



Exemple résultats érodimétrie



EROBIO

Modèles monospécifiques dans EROBIO

Modèle multispécifique à mettre en oeuvre

EROBIO activé lors de l'utilisation de MARS3D avec le module sédimentaire MUSTANG

Test de différentes conditions et hypothèses pour validation du modèle

