



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

LES
AGENCES
DE L'EAU



Réseau de
Sites de démonstration pour la
Restauration hydromorphologique des
Cours d'eau

INRAE



Restauration écologique en milieu estuarien

Réflexions et outils en développement



Géosciences pour une Terre durable

brgm



COORDINATION
INTER-ESTUAIRES

Cécile Capderrey (BRGM)
Maïa Akopian (OFB)



Journée d'échanges
techniques « Evaluation de
la restauration »
16 Novembre 2021

> 40 estuaires répartis sur la façade Manche Atlantique Mer du Nord
(petits estuaires (rias, abers) → grands estuaires anthropisés)



Sources d'échecs :

- Défi scientifique et technique (marnage, salinité, turbidité, anthropisation, connaissances écologiques)
- Difficultés administratives, foncières
- REX absents, inaccessibles, peu appropriables
- Manque de cadrage méthodologique (concepts flous, objectifs, suivis, évaluation)

Objectifs :

- Bâtir et diffuser un cadre méthodologique partagé et promoteur de démarches (retours restauration cours d'eau > retours restauration estuaire)
- 2015 – actuel : 3 phases de travail

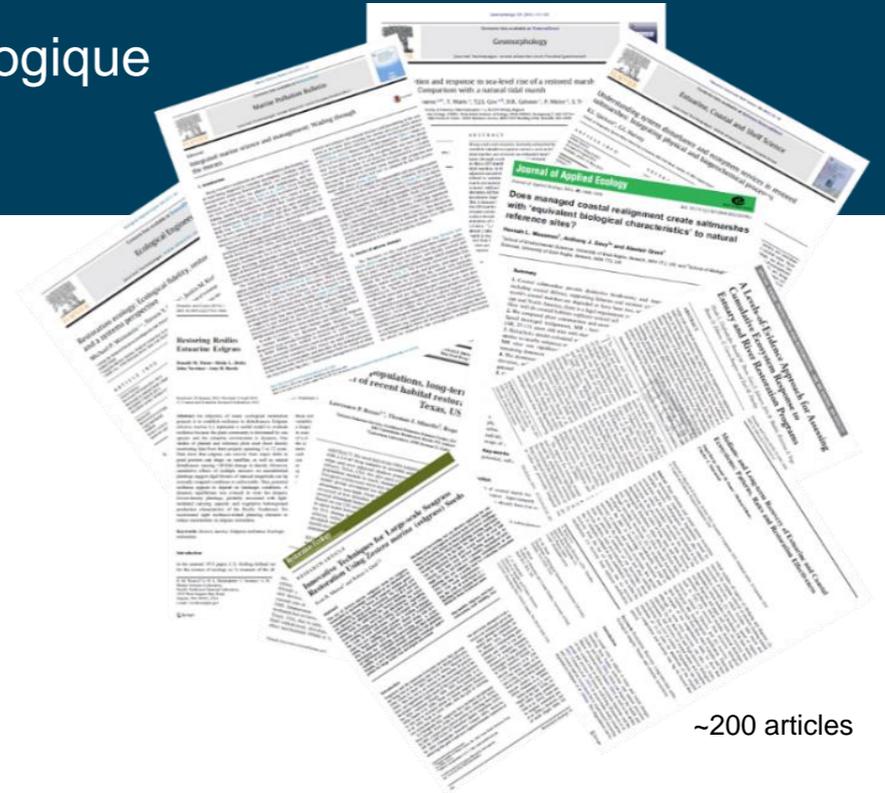
Phase 1

2015-2016

Etat de l'art de la pratique, identifier un cadre méthodologique
→ Retours internationaux (littérature scientifique)

De quoi parle-t-on dans les étapes des projets ?
Les enseignements à tirer autour :

- Objectifs (problématiques associées, définition)
- Techniques
- Suivis et évaluations (métriques, durées, etc.)
- Retours (bilan d'efficacité)



~200 articles

Conclusions :

- Identification de solutions à déployer / grands types de problématiques
- Mais des **objectifs de restauration encore trop souvent imprécis** (rare quantification)
- Une restauration **centrée sur les structures** + que sur les processus et le fonctionnement des écosystèmes
- Restauration + centrée sur les processus et le fonctionnement → probabilité de succès augmentée

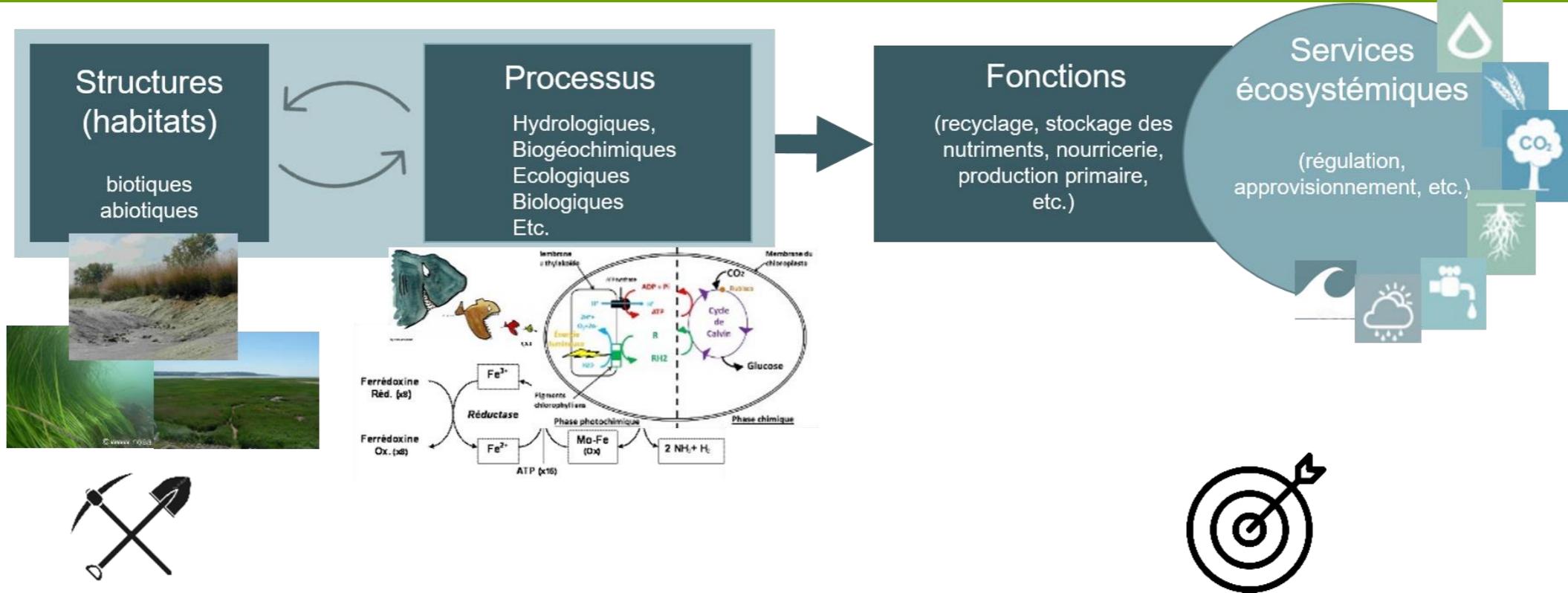
Phase 2

Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte

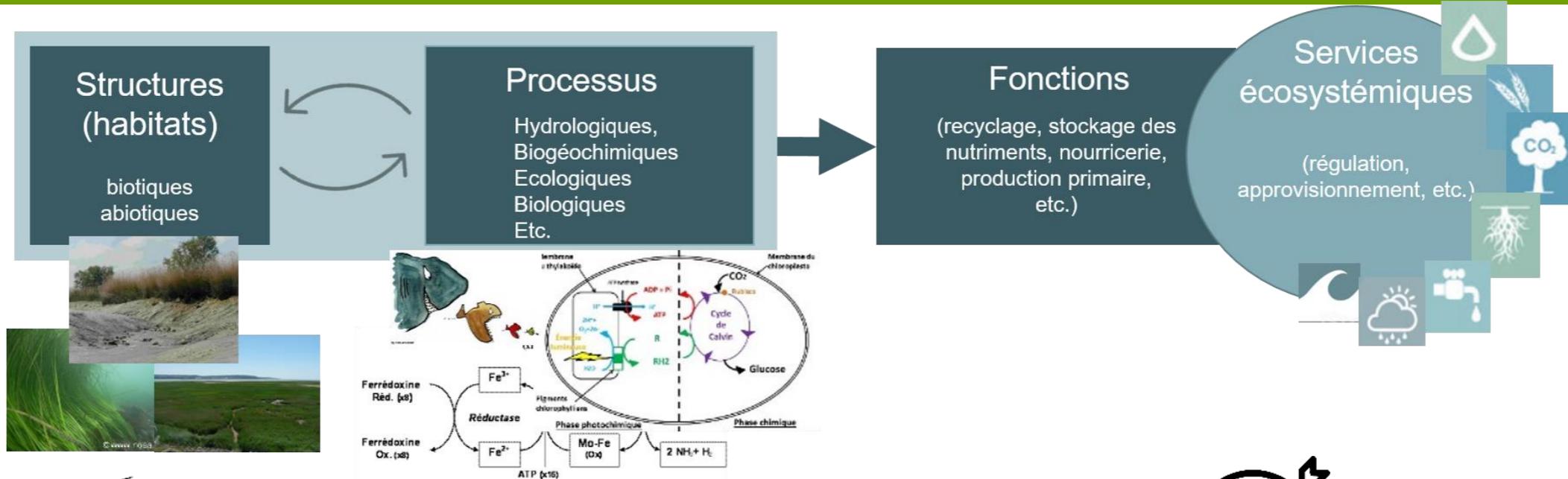


Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte



« Quelle **quantité** de modifications à apporter ...

... pour permettre le développement de processus **efficaces** ...

... soutenant le « bon » fonctionnement écologique des habitats ...

... et *in fine*, la réhabilitation des fonctions et SE associés ? »

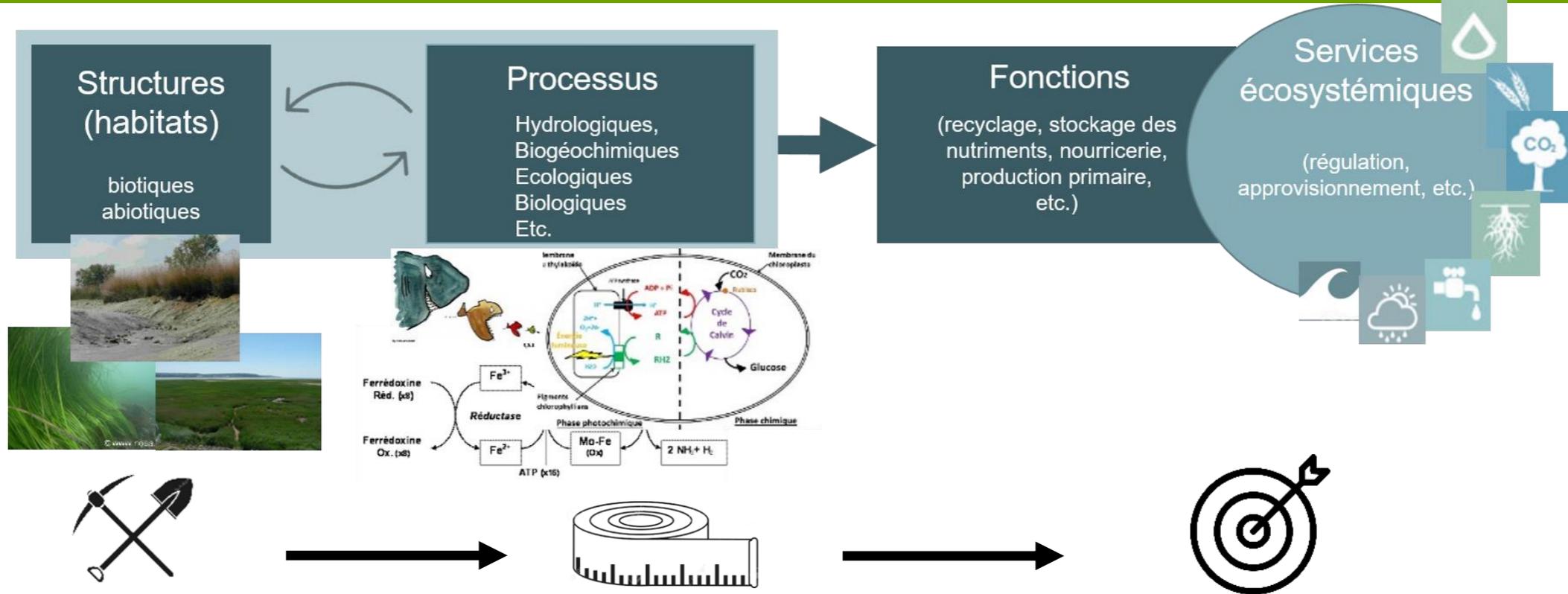


Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte



Outils de prédiction : modèles numériques (état attendu – état mesurable *a posteriori*)

→ récupérer **efficacement** une ou plusieurs fonctions

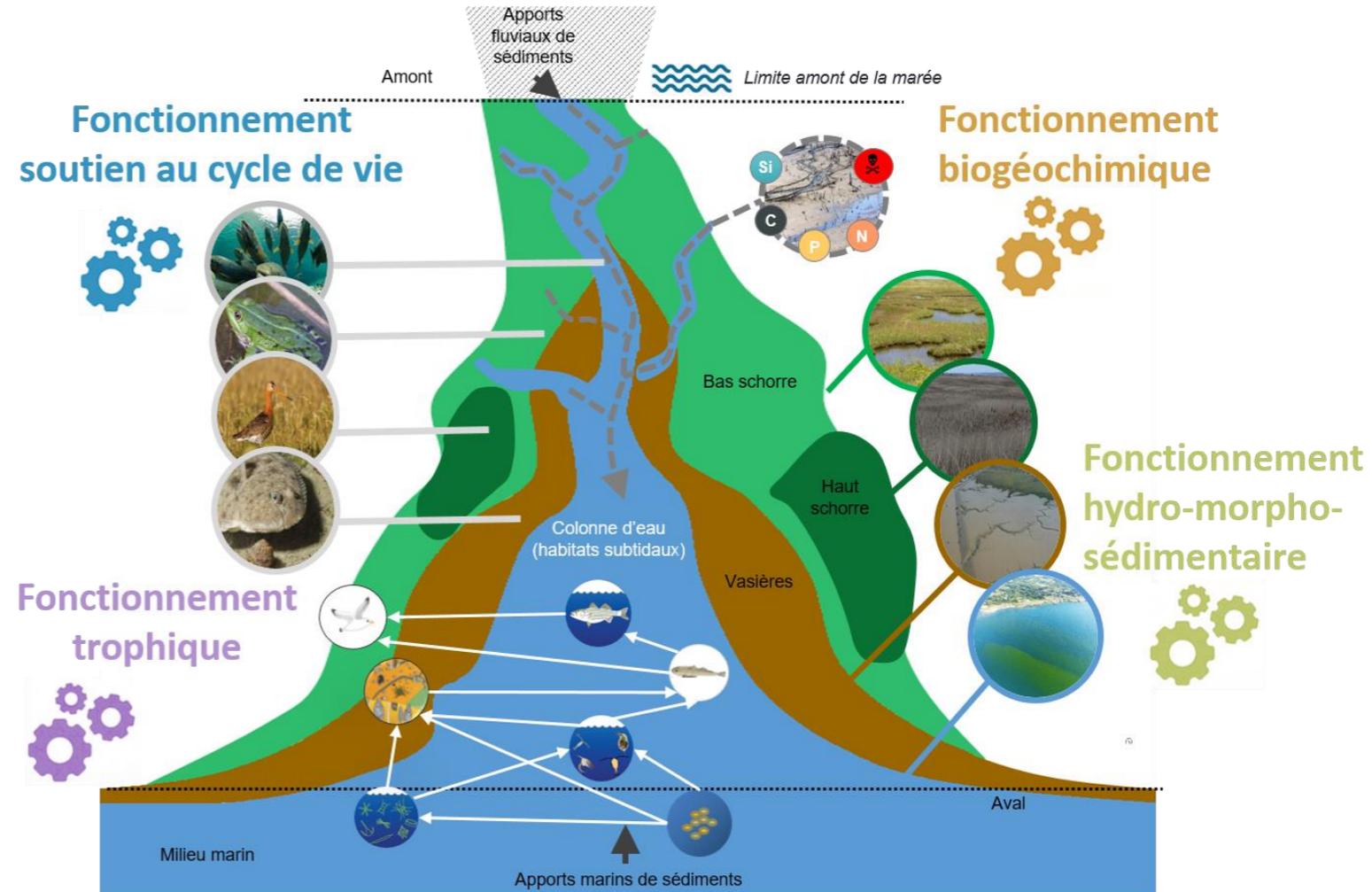
→ **calibrer** les efforts / coût financier

Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte



Phase 2

2017-2019

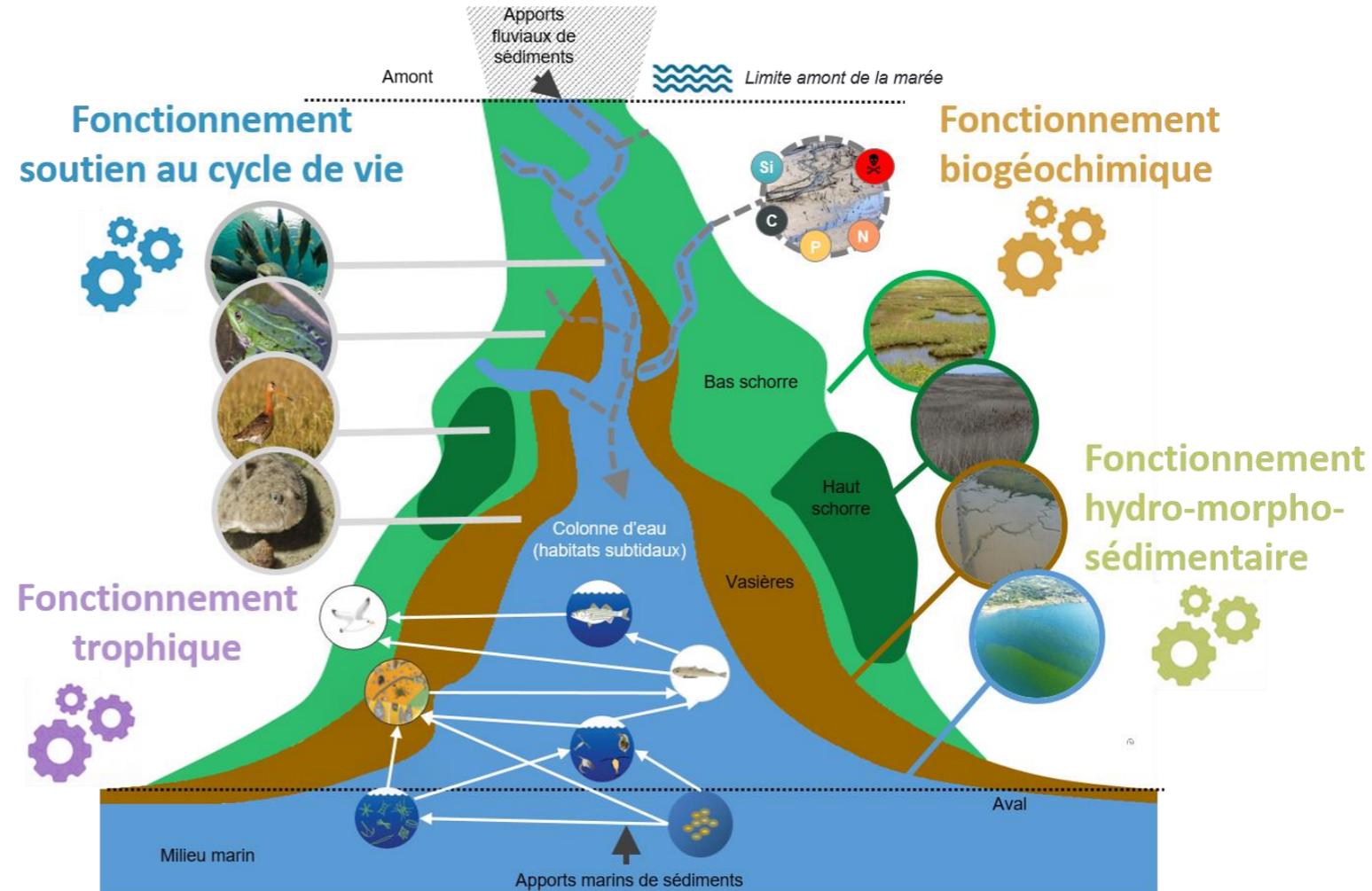
Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte



① **Problématique(s) écologique(s)**
(ex: désoxygénation, efflorescences, diminution des effectifs d'espèces, destruction des habitats)

② **Dysfonctionnements**
(ex: production primaire, recyclage des nutriments, connectivité, alimentation, refuge, nourricerie)



Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte

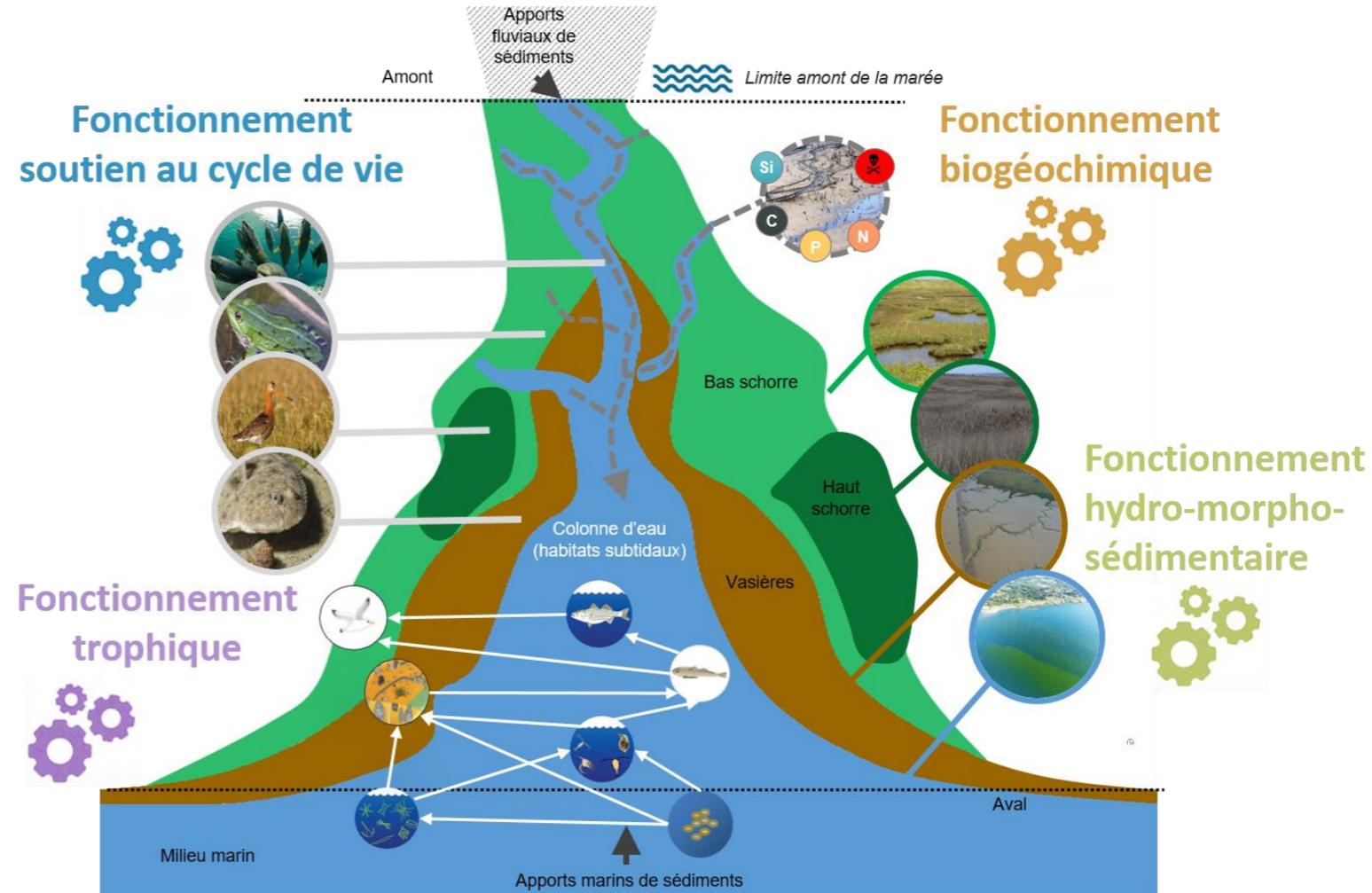


③ Définir des objectifs

« Restaurer de la vasière pour les poissons »



« Quelle quantité (ha) de vasière pour réhabiliter la fonction de nurserie et contribuer de X % à la productivité secondaire de l'estuaire ? »



Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte

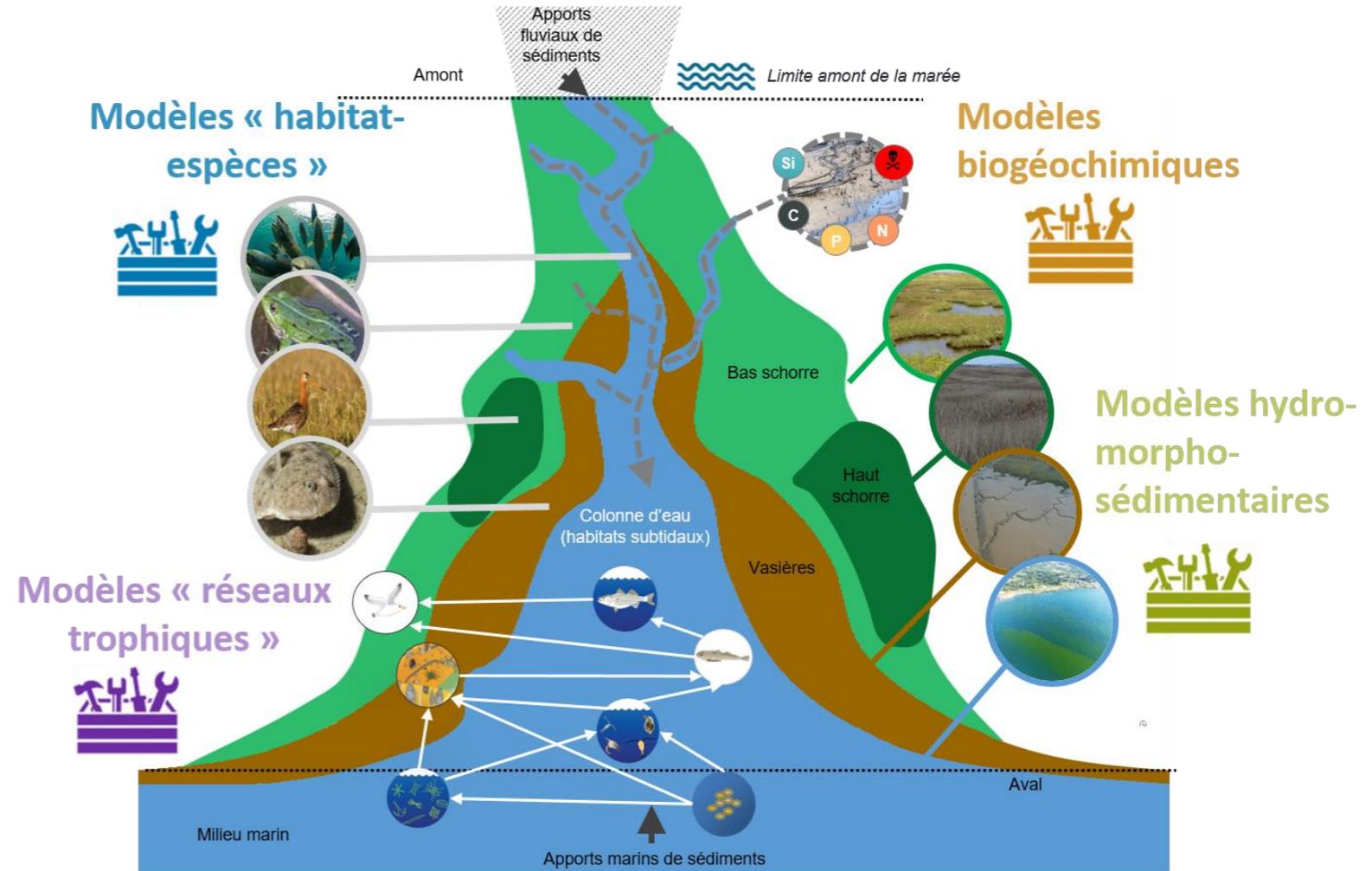


③ Définir des objectifs

« Restaurer de la vasière pour les poissons »



« Quelle quantité (ha) de vasière pour réhabiliter la fonction de nurserie et contribuer de X % à la productivité secondaire de l'estuaire ? »



Phase 2

2017-2019

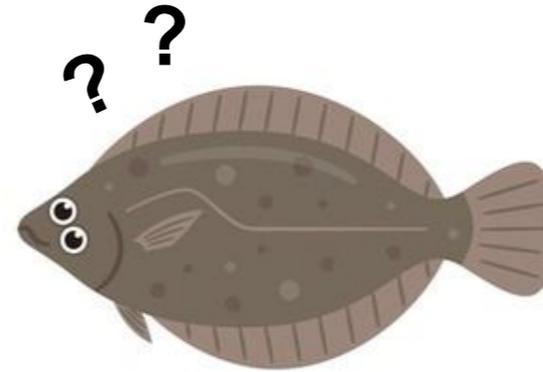
Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte



③ Définir des objectifs

« Quelle quantité (ha) de vasière pour réhabiliter la fonction de nourricerie et contribuer de X % à la productivité secondaire de l'estuaire ? »



Comment ...

- restaurer des habitats benthiques et prédire leur évolution ?
- les rendre connectés dans le temps et dans l'espace ?
- s'assurer de leur utilisation efficace par les organismes ?

Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte

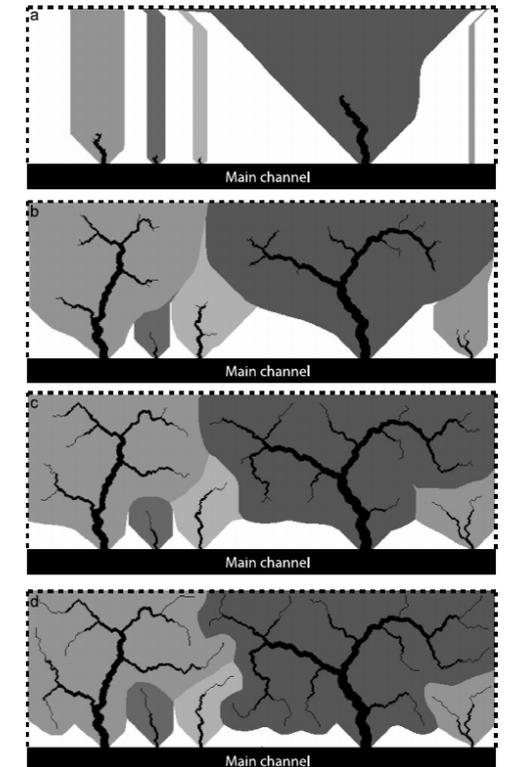


③ Définir des objectifs



Processus hydrologiques, sédimentaires et biologiques → structure et evolution des habitats

« Quelle quantité (ha) de vasière pour réhabiliter la fonction de nourricerie et contribuer de X % à la productivité secondaire de l'estuaire ? »



Comment ...

- restaurer des habitats benthiques et prédire leur évolution ?
- les rendre connectés dans le temps et dans l'espace ?
- s'assurer de leur utilisation efficace par les organismes ?



Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte

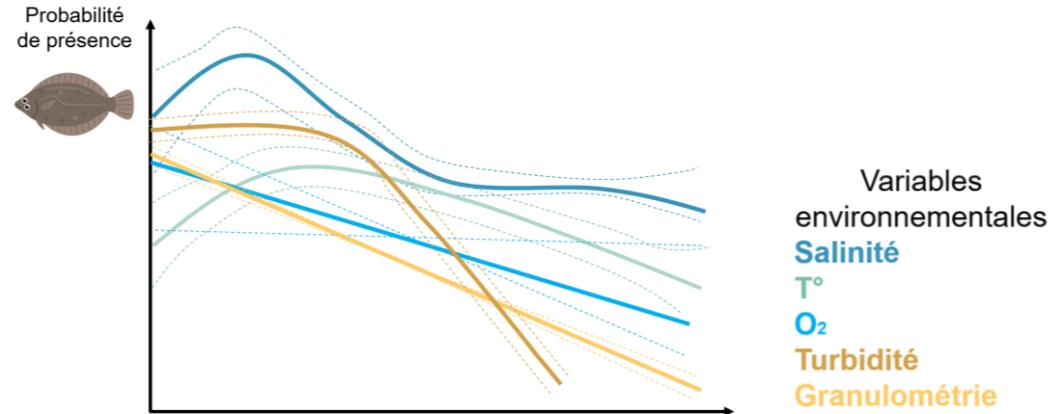


③ Définir des objectifs

« Quelle quantité (ha) de vasière pour réhabiliter la fonction de nurricerie et contribuer de X % à la productivité secondaire de l'estuaire ? »

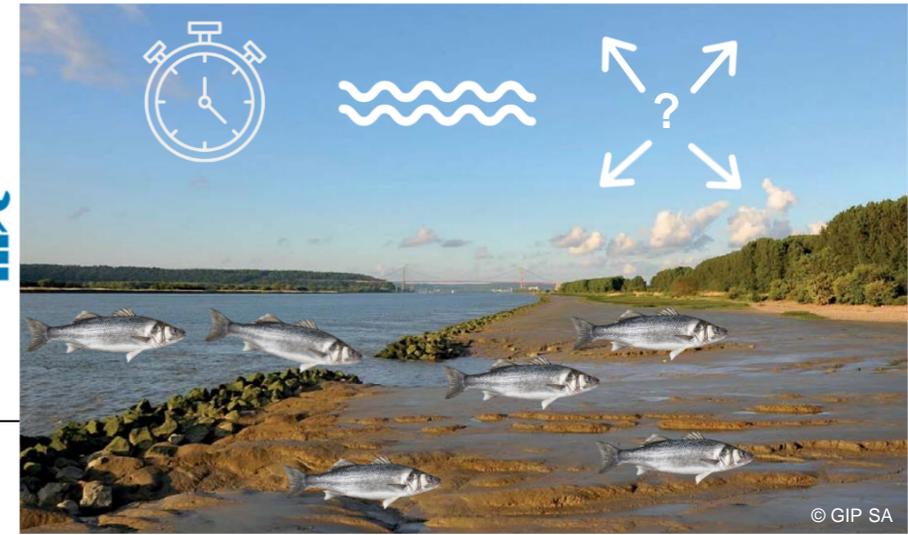


Prédiction de la réponse des espèces aux changements dans les variables environnementales



Comment ...

- restaurer des habitats benthiques et prédire leur évolution ?
- les rendre connectés dans le temps et dans l'espace ?
- s'assurer de leur utilisation efficace par les organismes ?



Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte



③ Définir des objectifs

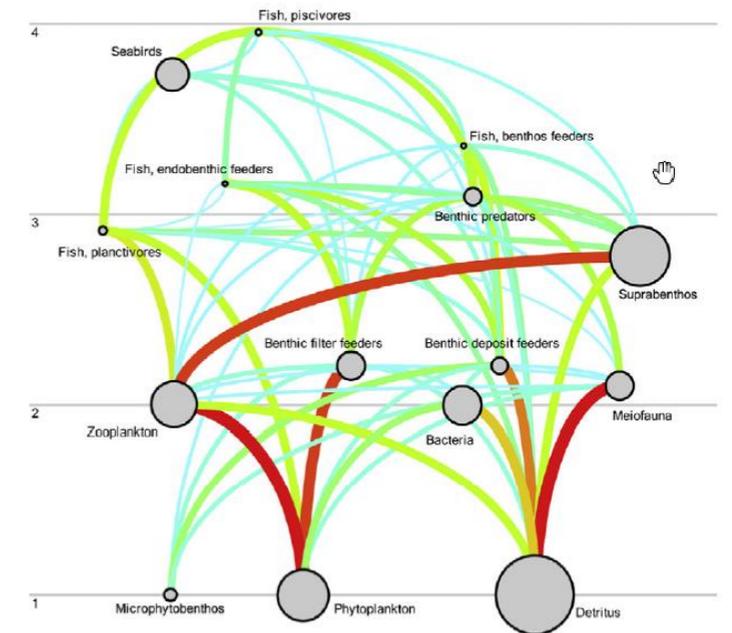
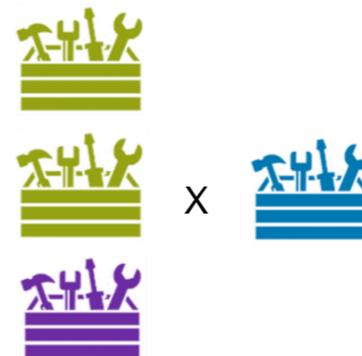
« Quelle quantité (ha) de vasière pour réhabiliter la fonction de nurricerie et contribuer de X % à la productivité secondaire de l'estuaire ? »

Comment ...

- restaurer des habitats benthiques et prédire leur évolution ?
- les rendre connectés dans le temps et dans l'espace ?
- s'assurer de leur utilisation efficace par les organismes ?



Interactions entre espèces de différents niveaux trophiques, d'énergie et de flux de matière



Ex : un des réseaux trophiques de l'estuaire de la Seine (Tecchio *et al.* 2015)

Phase 2

2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte



③ Définir des objectifs

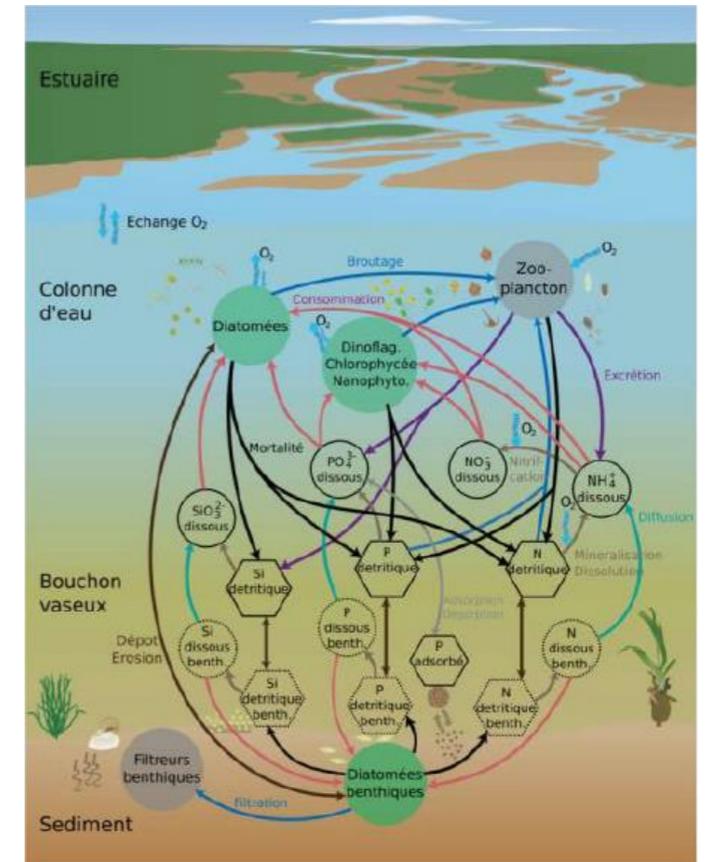
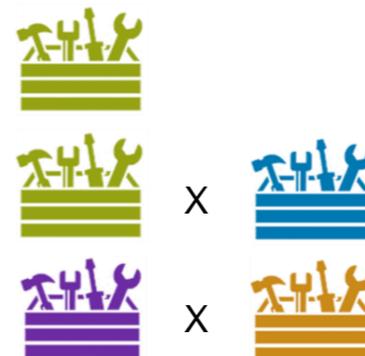
« Quelle quantité (ha) de vasière pour réhabiliter la fonction de nourricerie et contribuer de X % à la productivité secondaire de l'estuaire ? »

Comment ...

- restaurer des habitats benthiques et prédire leur évolution ?
- les rendre connectés dans le temps et dans l'espace ?
- s'assurer de leur utilisation efficace par les organismes ?



Dynamique des processus physico-chimiques (eutrophisation, hypoxie) transformation des nutriments et contaminants



Ex: processus modélisés par le modèle ECOMARS 3D en estuaire de Seine (Garnier *et al.* 2017)

Phase 2

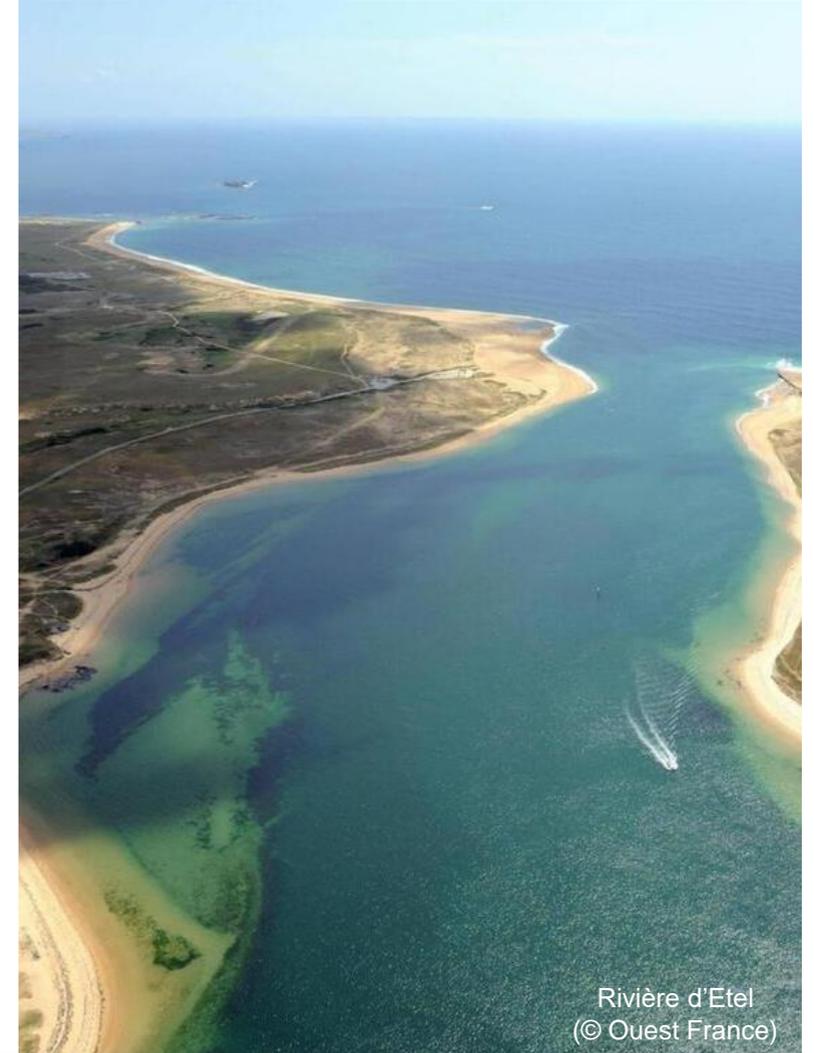
2017-2019

Structurer la méthodologie

→ Les outils pour définir des objectifs et mesurer leur atteinte



- Des objectifs définis et quantifiés = mesurer leur atteinte (processus mesurables)
- Problématiques (= plusieurs dysfonctionnements) → y remédier = considérer plusieurs approches !
- Moins d'empirisme → outils nombreux, de + en + « à portée de main »
- Dimensionner à l'échelle du paysage vs « tyrannie des petits projets »
- Environnements très complexes / connaissance écologique +++ (multi pressions)
- Cadres rigoureux (procédures scientifiques + savoir pratique partagé + participatif (panel de compétences))



Rivière d'Étel
(© Ouest France)

Phase 3

Phase 3

2020 -

Mettre en commun : mutualiser les problématiques et partager les acquis
→ Une instance et une plateforme nationale



Format fédérateur et collaboratif : **plateforme nationale des partages des REX**

A l'image d'un centre de ressources :

- Cadre méthodologique et didactique pour orienter
- Capitaliser, centraliser et inventorier les actions déjà réalisées (objectifs, évaluation, analyse critique, bilan efficacité)
- Fiches cas, concepts
- Annuaire et renvois nécessaires (vers compétences, projets, etc.)

Evolution envisagée : problématiques littorales (estuariennes et côtières)



Références :

Capderrey C., Olivier J.M., Moussard S., Foussard V. & Bacq N. (2016) Retours d'expérience de restauration écologique en milieu estuarien. Rapport Onema. 92 p.

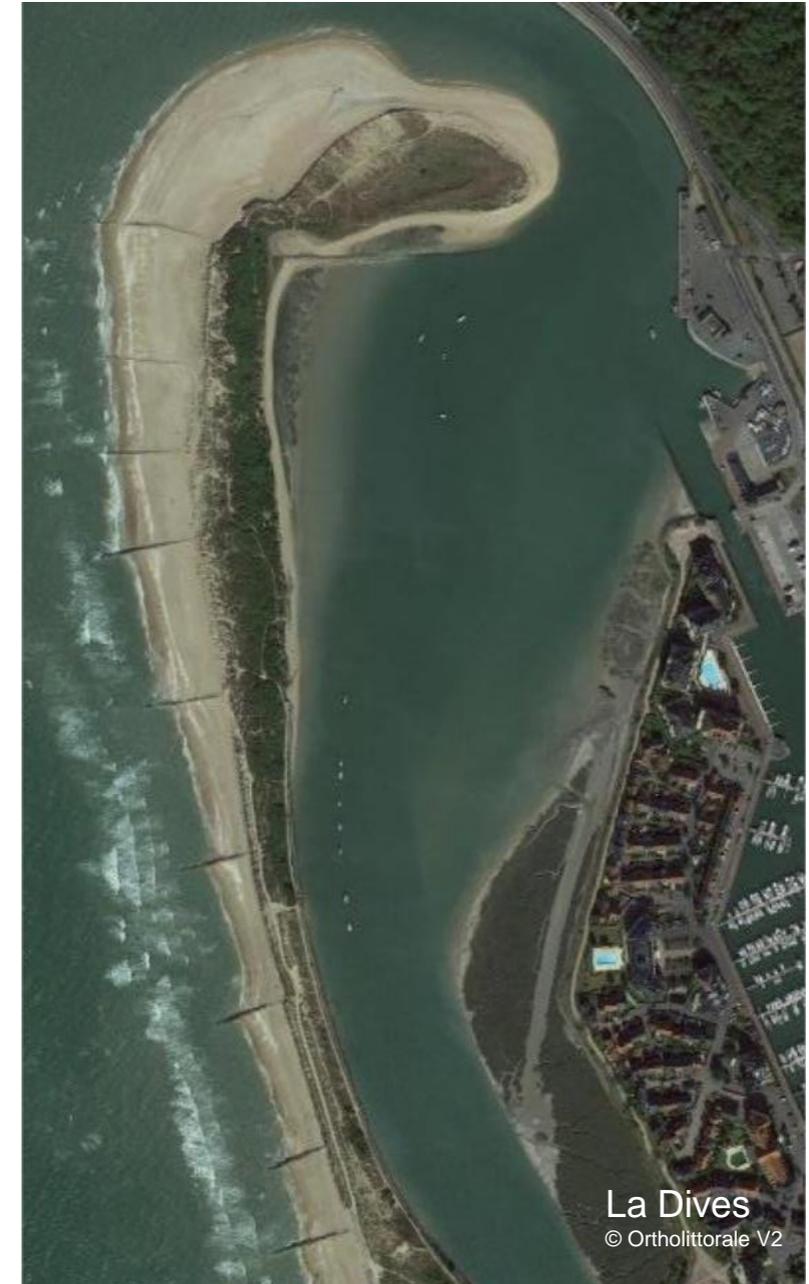
Capderrey C., Brivois O. & Akopian M. (2019) Outils mobilisables pour la restauration écologique en milieu estuarien. Rapport BRGM/RP 67498. 205 p.

Portail technique OFB, Coordination de la recherche et des études inter-estuariennes :

<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/279>

<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/278>

c.capderrey@brgm.fr



Merci pour votre attention !

Remerciements :

Maria Alp (INRAE), Loïc Anras (Forum des marais atlantiques), Maïa Akopian (OFB), Nicolas Bacq (GIP Seine Aval), Audrey Bails (BRGM), Anne Laure Barrillé (Biolittoral), Maud Berlincourt (Mission inter-estuaires 2018-2020), Clément Bernard (SMIDDEST), Valérie Briche (SMIDDEST), Olivier Brivois (BRGM), Pierre Caessteker (OFB), Julien De Bortoli (AESN), Gwenola De Roton (OFB), Jean Duchemin (AESN), Job Dronkers (Deltares, CS estuaire Seine et Loire), Mike Elliott (Univ Hull, UK), Hélène Fallou (GIP Loire Estuaire), Philippe Fera (AELB), Cédric Fisson (GIP Seine Aval), Valérie Foussard (Mission inter-estuaires 2010-2018), Roxanne Fourrier (SYLOA), Manuel Garcin (BRGM), Isabelle Gaillard Rocher (OFB), Jean-Luc Girard (DREAL Pays de Loire), Hippolyte Gilante (OFB), Daniel Guiral (IRD), Emmanuelle Jaouen (PNM EGMP), Yann Joncourt (AESN), Mélina Lamouroux (AEAG), Kristell Lebot (GIP Loire Estuaire), Mario Lepage (INRAE), Aurore Lebreton (EPTB Vilaine), Olivier Le Pape (INRAE), Céline Le Pichon (INRAE), Pierre Le Hir (Ifremer), Régis Le Quilic (AELB), Jean-Philippe Lemoine (GIP Seine Aval), Natacha Massu (GPM Le Havre), Christophe Maugendre (OFB), Patrick Meire (Univ Angers, BE), Stéphanie Moussard (GIP Seine Aval), Maylis Moro (MTE, DGALN/DEB), Manuel Muntoni, (GIP Seine Aval), Nathalie Niquil (Univ Caen Normandie), Jean-Michel Olivier (Univ Lyon 1), Francis Orvain (Univ Caen Normandie), Stéphane Pouvreau (Ifremer), Jean Prygiel (AEAP), Diane-Laure Sorrel (SMIDDEST), Philippe Souchu (Ifremer), Nils Teichert (MNHN), Benoit Terrier (AERMC), Guylain Theon (DREAL Normandie), Anne Vivier (OFB)

