

Bilan des outils à notre disposition/portée pour la restauration écologique

Estuaires : état de l'art de la recherche, bilan des travaux
Paris, 8 et 9 octobre 2018

Cécile Capderrey, Valérie Foussard & Maïa Akopian

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

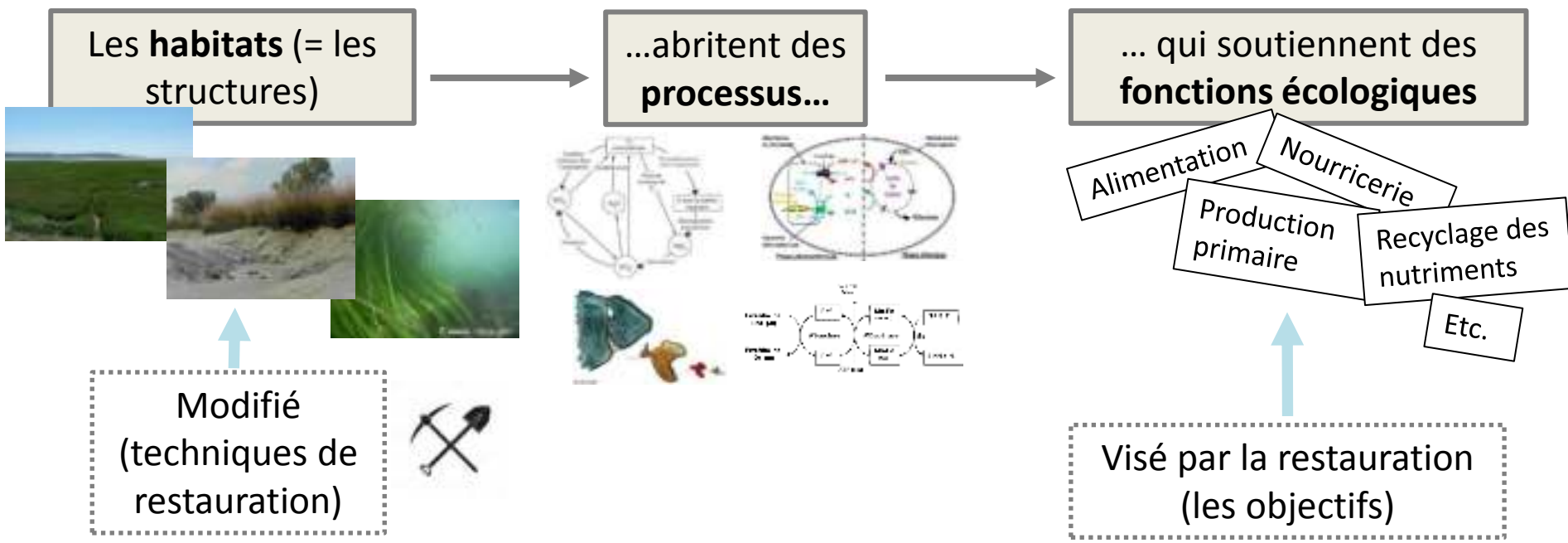
 Géosciences pour une Terre durable
brgm


COORDINATION
INTER-ESTUAIRES

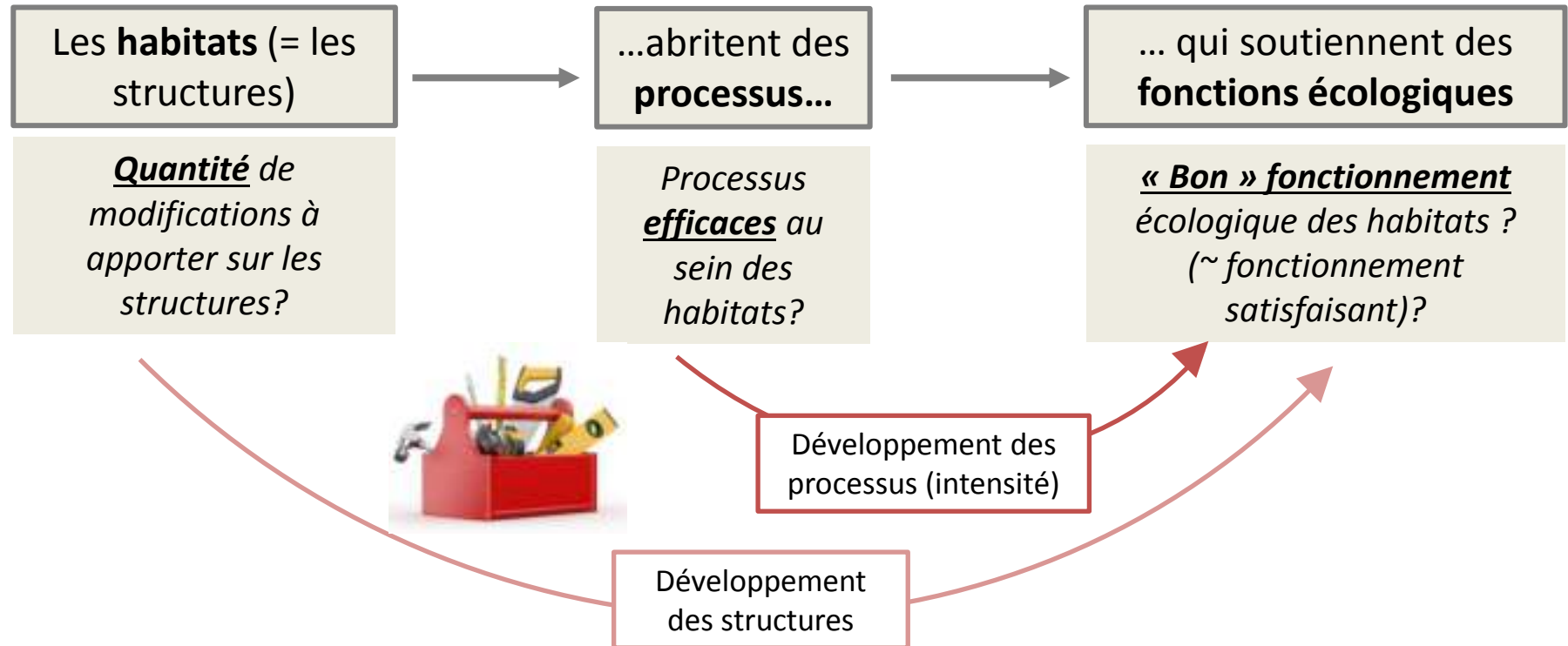


Crédit photo : GIP Seine-Aval

- Nécessité de se positionner efficacement face aux problématiques de restauration → mise à plat des REX nécessaire
- Depuis 2015, travail bibliographique de la MIE (2 analyses)
- 1^{re} analyse Onema, Univ Rouen – GIPSA
Retours internationaux (problématiques, techniques, suivis)
→ Cadre de réflexion



- 2^{ème} analyse (AFB, BRGM)



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

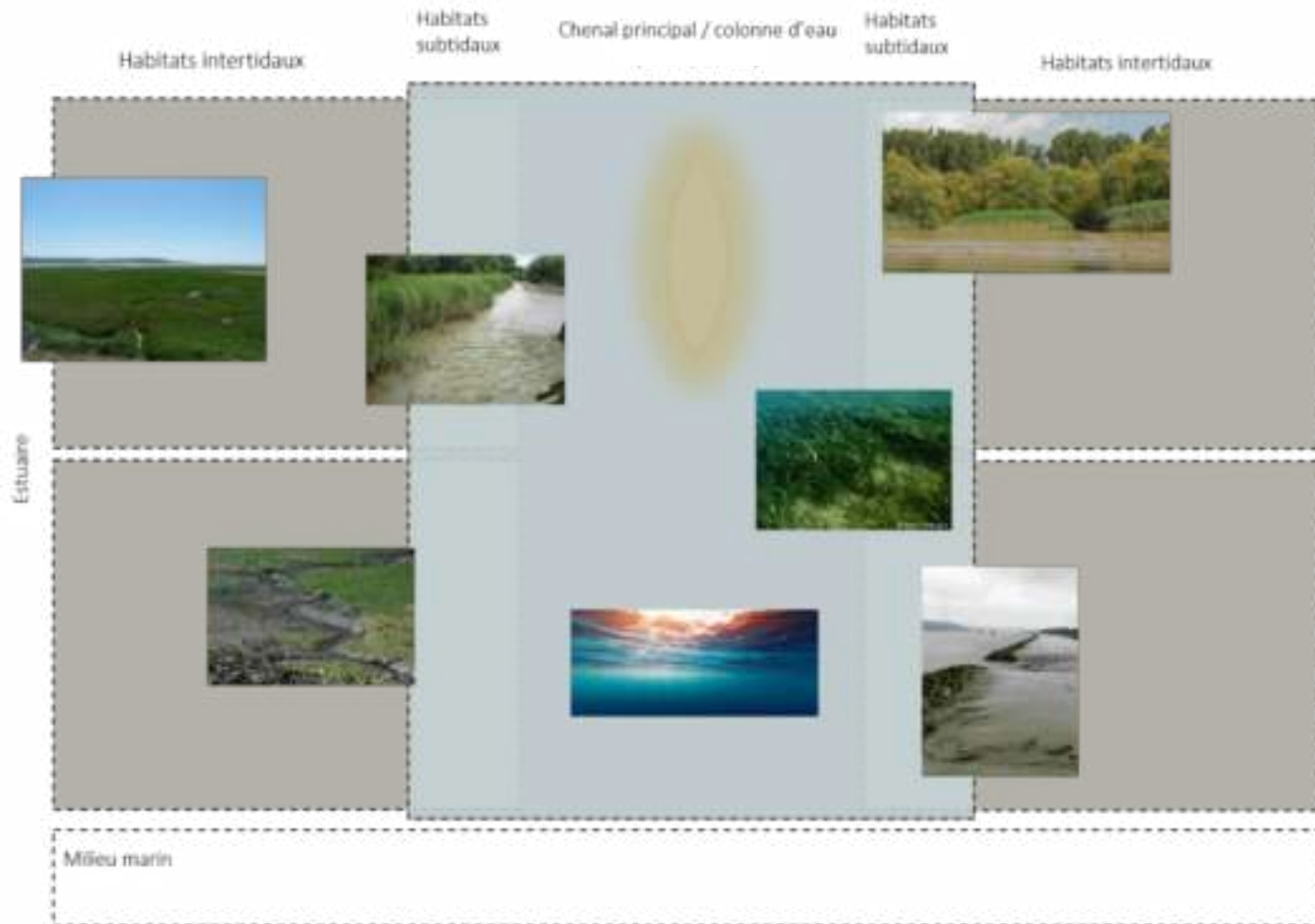
- récupérer efficacement une ou plusieurs fonctions
- calibrer les efforts / coût financier

- 2^{ème} analyse (AFB, BRGM)
 - Montrer qu'il est possible d'aborder la restauration
 - Objectifs clairs et pragmatiques
 - Objectifs mesurables (*via* des outils)
 - Détailler les outils existants et poser leurs limites
 - Problématiques écologiques → (dys)fonctionnement incriminé → leviers
 - Jeux de données, compétences
 - Limites du savoir écologique actuel





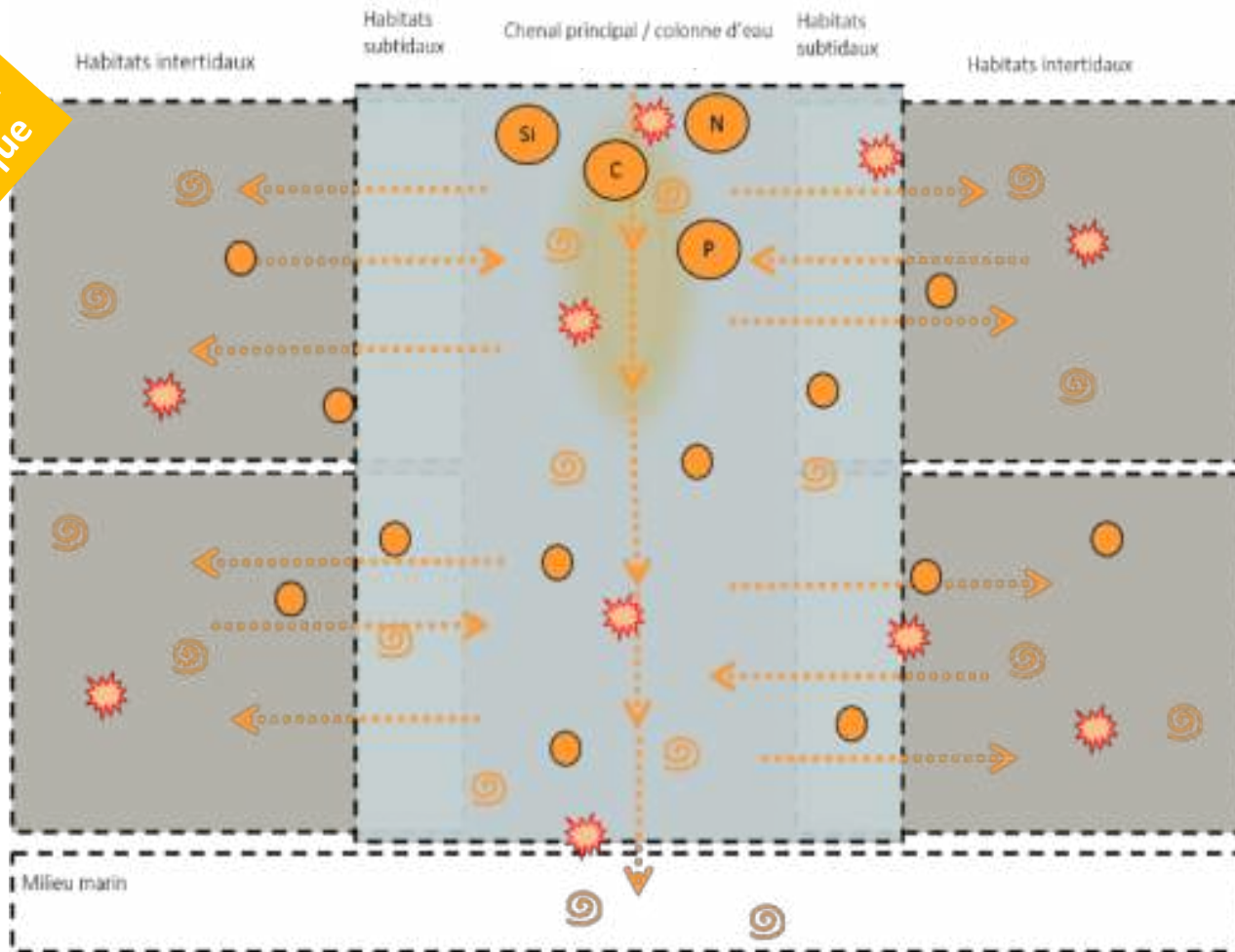
- Phénomènes physiques, hydrodynamiques > comportement des matières (sédiments, éléments nutritifs)
- Relations habitats-espèces
- Transferts d'énergie entre compartiments
- 4 perspectives de fonctionnement de l'estuaire (non cloisonnées!)





- Phénomènes physiques, hydrodynamiques > comportement des matières (sédiments, éléments nutritifs)
- Relations habitats-espèces
- Transferts d'énergie entre compartiments
- 4 perspectives de fonctionnement de l'estuaire (non cloisonnées!)

Fonctionnement biogéochimique

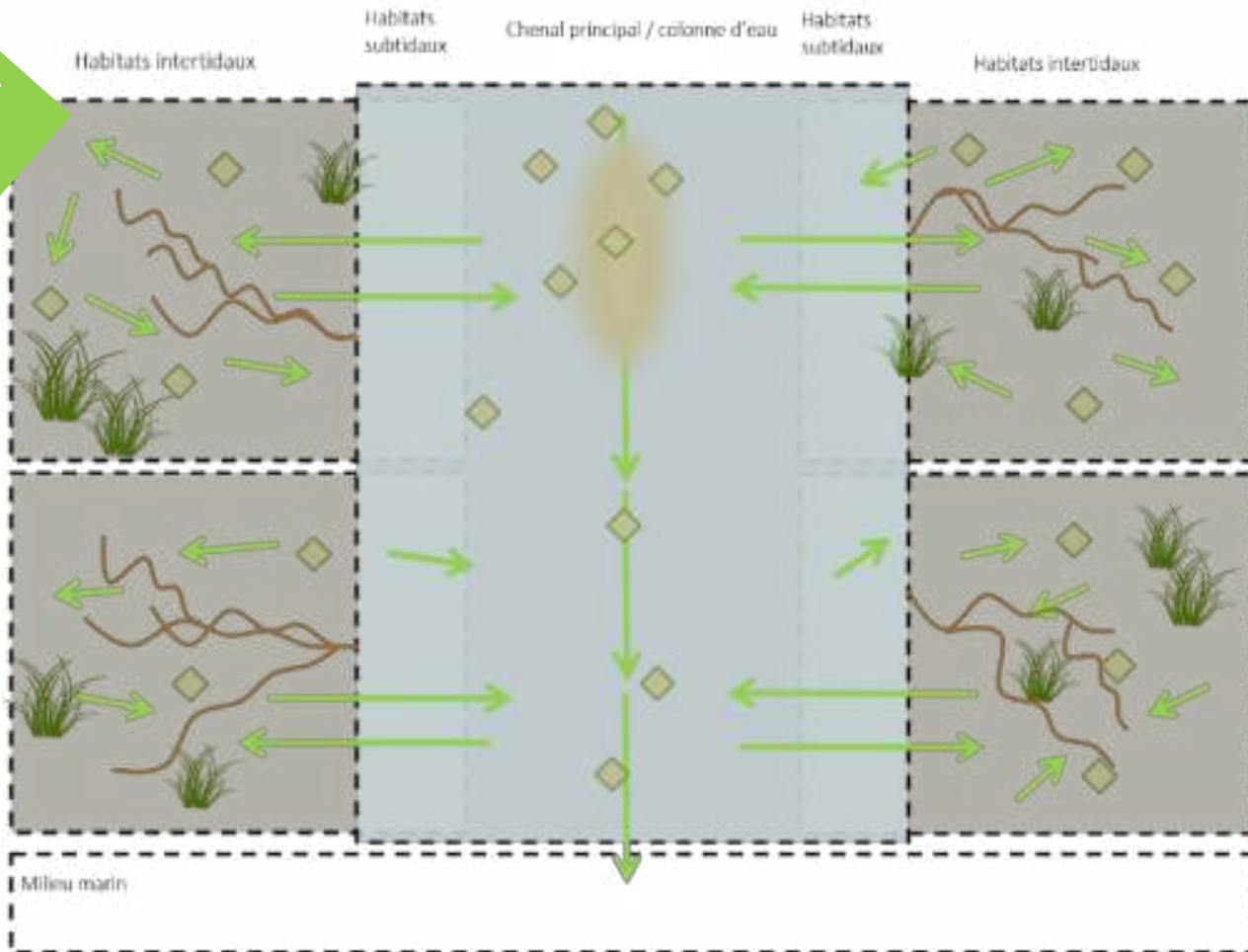


○ nutriments
★ contaminants
● bouchon vaseux



- Phénomènes physiques, hydrodynamiques > comportement des matières (sédiments, éléments nutritifs)
- Relations habitats-espèces
- Transferts d'énergie entre compartiments
- 4 perspectives de fonctionnement de l'estuaire (non cloisonnées!)

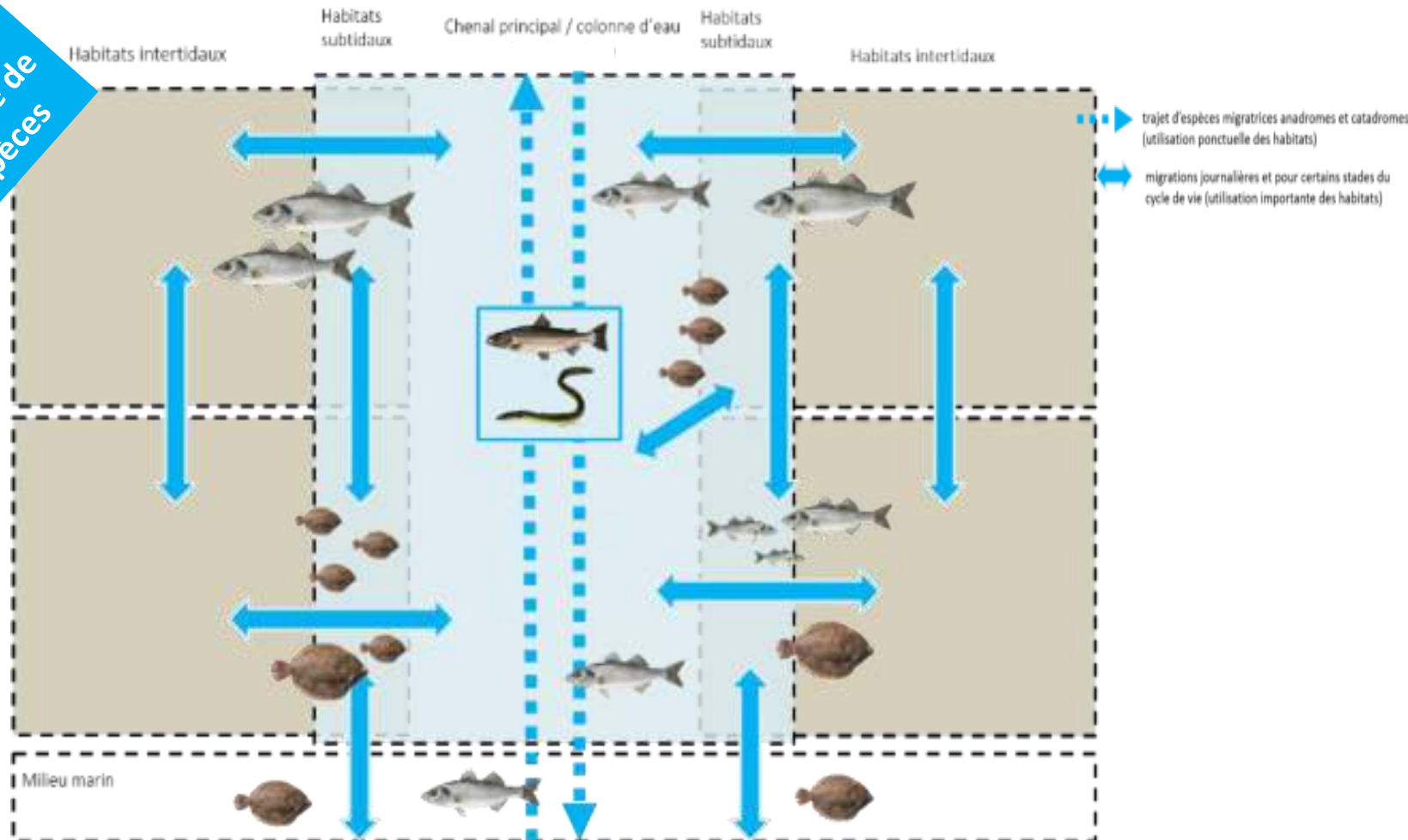
Fonctionnement
HMS





- Phénomènes physiques, hydrodynamiques > comportement des matières (sédiments, éléments nutritifs)
- Relations habitats-espèces
- Transferts d'énergie entre compartiments
- 4 perspectives de fonctionnement de l'estuaire (non cloisonnées!)

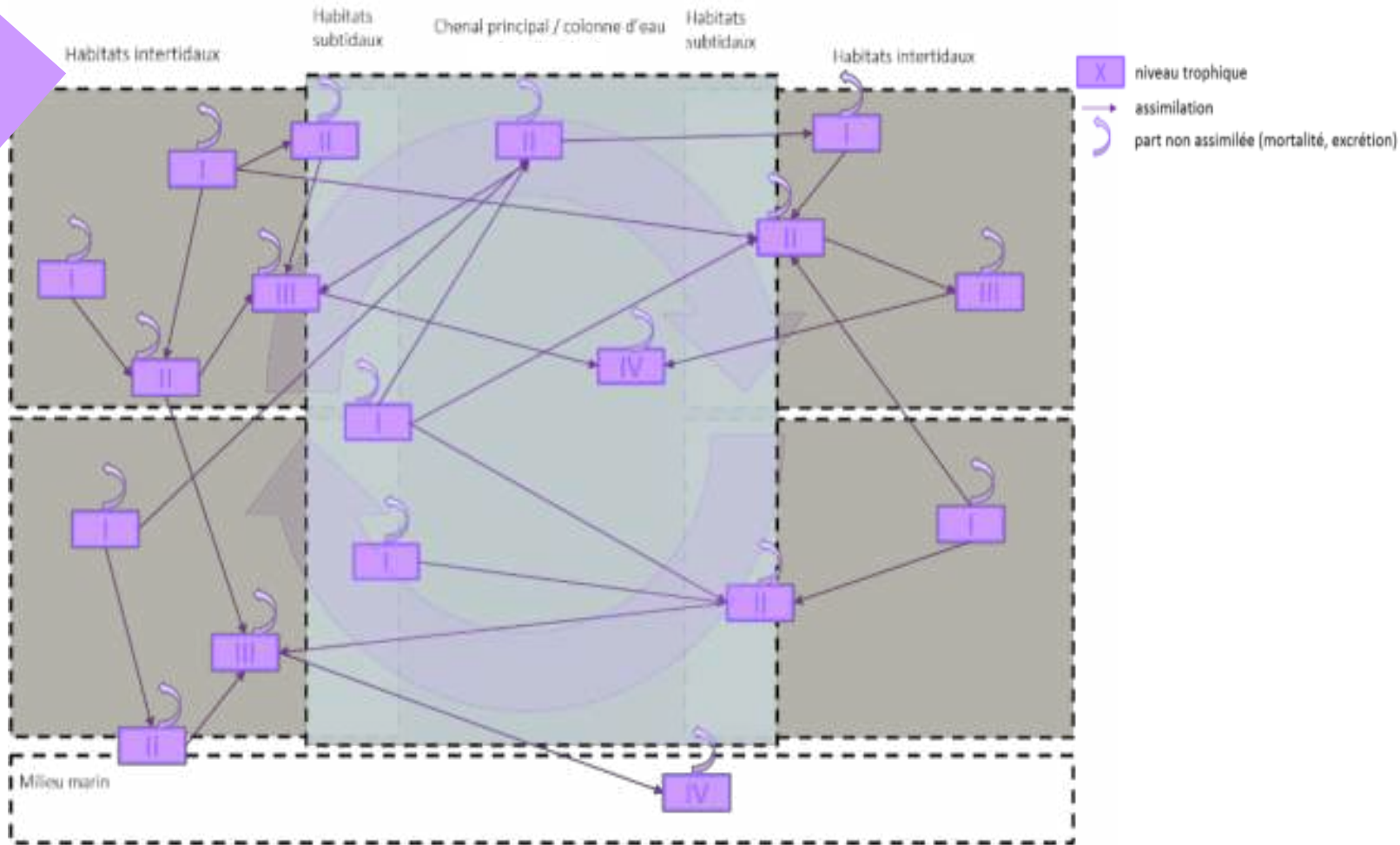
Fonctionnement
soutien au cycle de
vie des espèces





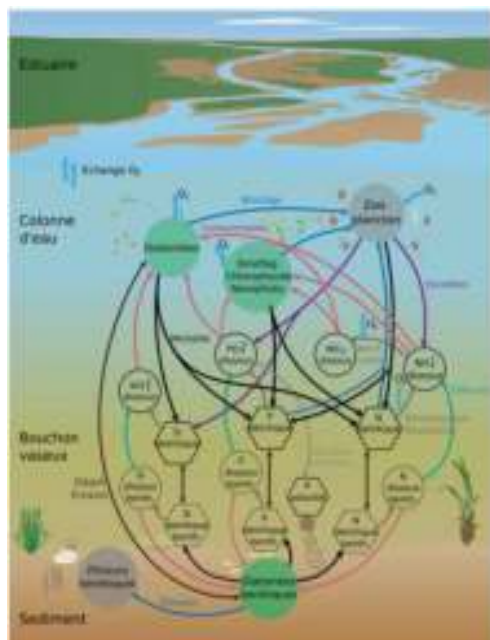
- Phénomènes physiques, hydrodynamiques > comportement des matières (sédiments, éléments nutritifs)
- Relations habitats-espèces
- Transferts d'énergie entre compartiments
- 4 perspectives de fonctionnement de l'estuaire (non cloisonnées!)

Fonctionnement trophique

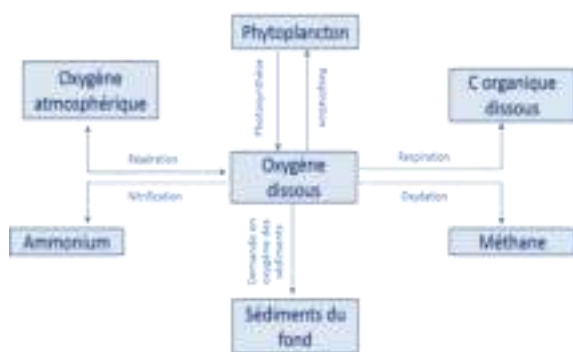


Les outils

- Comprendre et prévoir les variations spatio-temporelles des éléments chimiques (C, N, P, Si)
 - sous l'action de l'activité biologique (bactéries, phytoP, zooP)
 - sous l'action de phénomènes physiques (mouvements d'eau, sédimentation, etc.)
- Dynamique des nutriments, contaminants, RTM, NPZD, etc.
- Réponses (flux de nutriments/contaminants) / facteurs de contrôle (apports, débits, morphologie)
- Multiples tests de scénarios
- Problématiques bien identifiées (ex: eutrophisation / hypoxie)
- Couplage (trophique)
- Complexes / nombre de paramètres +++



Processus biogéochimiques modélisés par le modèle ECOMARS 3D (schéma issu du rapport final Seine Aval 5, RESET ; Garnier et al., 2017).



Cycles biogéochimiques modélisés par le CE-QUAL-ICM (source: U.S. Army Corps of Engineers).

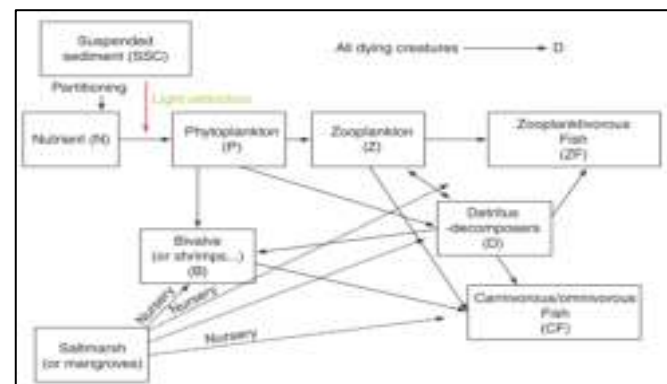


Schéma du réseau trophique implémenté dans chaque cellule du modèle de l'estuaire de la Gadiana (Wolanski et al. 2006)

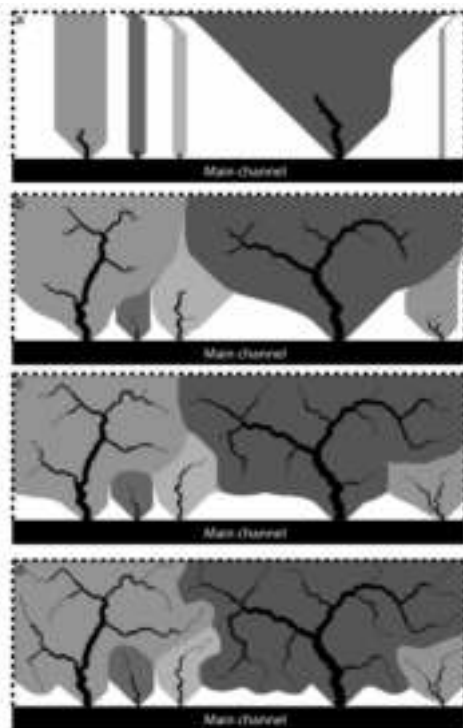
~ 15 exemples « phare » → réponses solides numériquement appuyées (ECOMARS3D, CE-QUAL ICM, C-GEM sur l'Escaut, LOICZ, modèle biogéochimique Gironde,...)

Perspectives d'application

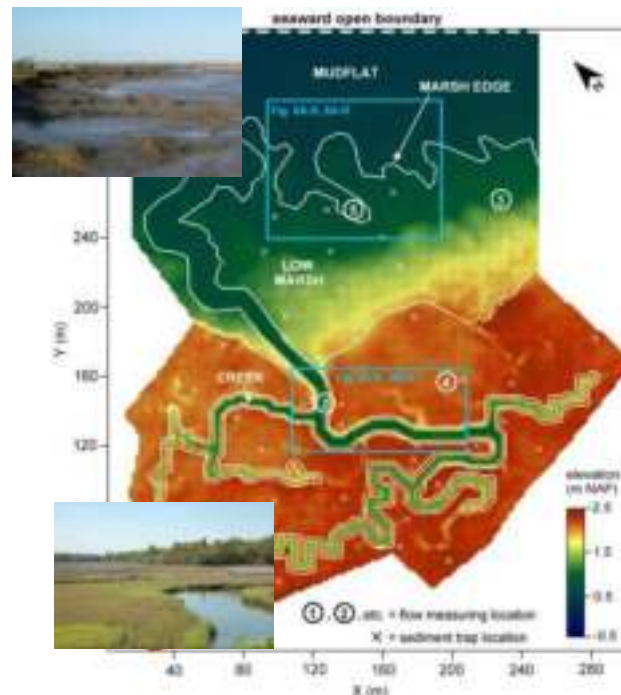
- Travail de banalisation
- Complexe mais ne pas décourager l'acquisition de données
- Méthodologie : standardisation de protocoles (ex: acquisition de la donnée de production primaire)
- Réseaux de mesures en continu (salinité, température, turbidité etc.), données satellites, instrumentation
- Petits estuaires, seuils des espèces (salinité, etc.)

Les outils

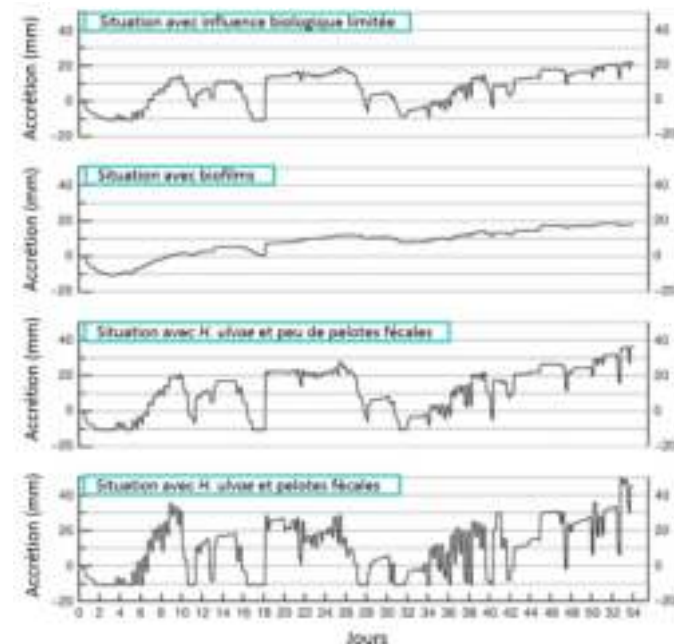
- Transport de sédiments, dynamique des structures spatiales sédimentaires – végétation / organismes benthiques
- Gamme d'échelle : échelle <100m → échelle estuaire
- Prédire le développement des structures et leur pérennité face au CC
- Nombreux modèles ! + couplages



Evolution temporelle d'un réseau de chenaux et des surfaces de drainage associées (D'Alpaos et al., 2005 ; 2009, Fagherazzi et al. 2012)



Modélisation des patrons de sédimentation x végétation (Temmerman et al., 2005)



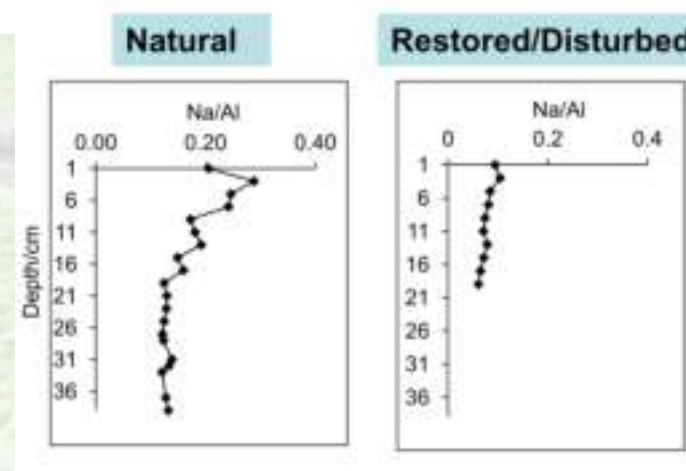
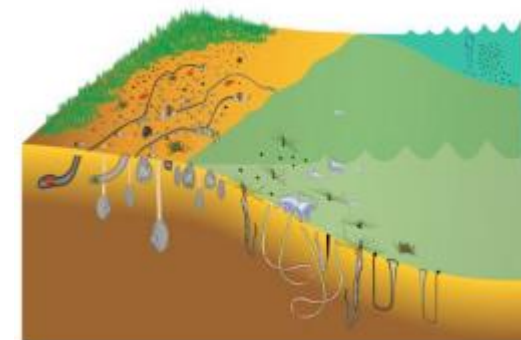
Accrétions modélisées dans différentes situations de «bioturbation » (modifié d'après Lumborg et al., 2006)

~ 30 exemples « phare » → réponses solides numériquement appuyées
 Modélisations de grande emprise / long terme : Marsh Equilibrium Model, (MEM), Sea Level Affecting Marshes Model SLAMM, couplage FVCOM, etc.

Perspectives d'application

- « Banalisation » possible (compromis de maillages : modèles gigogne; acquisition de données topographiques fines)
- Devenir face au CC : travailler encore sur les inconnus (conditions limites du large par exemple)
- Ne pas simplifier l'écologie ! (interaction végétation x sédiments)
- Priorités de recherche :

- Travailler sur les propriétés des sols (granulométrie, complexité, réactions)
- Evaluer plus précisément influence de la biologie sur la morphologie et le transport sédimentaire, érosion / dépôt
- Acquisition taux de sédimentation (implications pour la végétation)

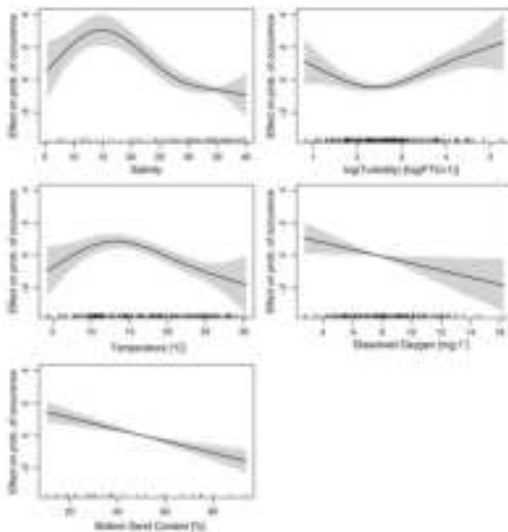


Na/Al → indicateur des échanges avec les couches supérieures, échanges tidaux
Spencer et al., 2008

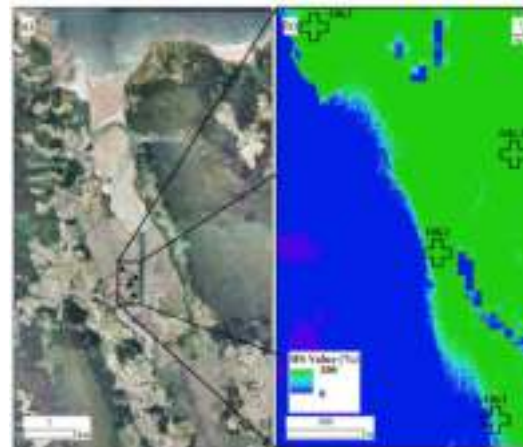
Les outils

- Perte des habitats essentiels, qualité des habitats restants
 - Problème d'accessibilité habitats / connectivité
 - Vaste champ de questionnement sur les fonctions écologiques (alimentation, reproduction, refuge, nourricerie, etc.).
 - Modèles statistiques (GLM, GAM, BRT, MaxEnt, etc) / modèles dynamiques (couplage préférences x modèles hydrodynamiques) (ex: Anaqualand)
- Cartographie / indices d'habitat favorable

- Prédire les habitats favorables
- Prédire les probabilités d'atteinte
- Modéliser les distributions
- Identifier les stressseurs



Effets des variables environnementales sur la probabilité de présence des juvéniles de soles, (Zucchetto et al., 2010)



Carte des habitats favorables à la transplantation de *Z. noltii* établie sur la base de GAM (Valle et al., 2015)

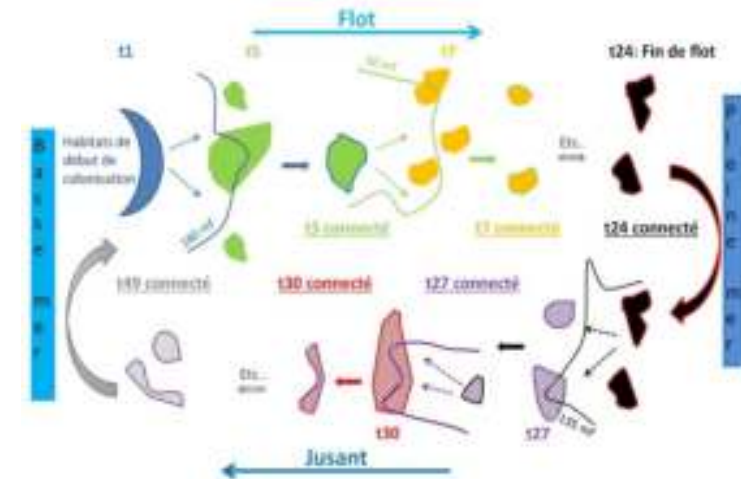


Schéma de principe de la modélisation chronologique de la connectivité des habitats au cours d'une marée. En plein, les habitats de nourricerie, en hachuré les habitats de repos. (Source : Le Pichon & Alp 2018, Rapport GIP SA ANACONDHA)

Perspectives d'application

- Toujours besoin de connaissances sur le cycle de vie des espèces
- Des modèles techniquement accessibles (statistique, géomatique) → panel de réflexion pour restaurer les habitats ET la connectivité
- Acquisition de données spatialement résolues (modélisation de l'accessibilité/connectivité)
- Réfléchir à l'intégration de la capacité trophique des habitats dans les modèles (l'habitat n'est pas que spatial)
- Futures intégrations de « nouveaux indicateurs » (réponses de différentes composantes de la biodiversité aux pressions → COPINES)
- Réfléchir à l'emploi de certains modèles (on ne part pas de 0 en termes de données ?)

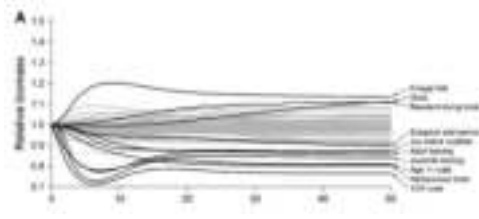


Les outils

- Altérations écosystèmes → altération des réseaux (structure et fonctionnement)
- Approche statique :
 - Structure des réseaux à l'instant t (indices ENA : Ecological Network Analysis)
 - Description des changements dans les réseaux
- Approche dynamique :
 - Modélisation des réseaux dans l'espace et dans le temps (Ecopath with Ecosim / Ecospace)
- Modéliser la réponse des réseaux à des modifications : salinité, eutrophisation, modification des surfaces



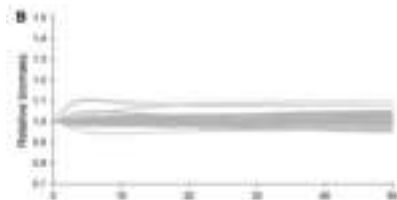
-50%



Effets négatifs sur la biomasse de certains groupes trophiques.



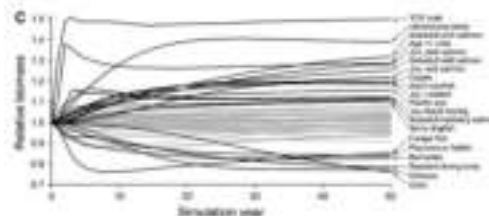
+20%



Effet très faible sur les changements de biomasse. Efforts de restauration insuffisants.



+100%



Couverture x2 → changements importants dans la réponse des groupes trophiques.

Perspectives d'application

- Aspects trophiques trop souvent négligés
- Quantité de données importante / améliorations statistiques apportées
- Déjà utilisés comme indicateurs de fonctionnement
(dans le cadre de perturbations ex: Port 2000, Tecchio *et al.*, 2015; 2016)
- Indices complexes mais certains trouvent un écho favorable (compréhension de la complexité)
(ascendance relative, omnivorie, MTL, etc.)
- Travail de simplification à mener → gestionnaires des milieux estuariens



- Coupler les outils = maximiser les chances d'englober les problématiques !

Outils
fonctionnement
biogéochimique

X

Outils
fonctionnement
trophique

= répondre à des questionnements liés à la **dynamique des nutriments** et des mouvements dans les **réseaux trophiques** → modèles de gestion à grande échelle (Ma *et al.*, 2010; Paolisso *et al.*, 2013)

Outils
fonctionnement
HMS

X

Outils
fonctionnement
cycle de vie
espèces

= répondre à des questionnements liés à la **pérennité des habitats** essentiels **pour les espèces** face au changement climatique (Zhang et Gorelink 2014; Elsaesser *et al.*, 2013)

Outils
fonctionnement
HMS

X



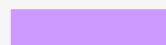




Outils
fonctionnement
biogéochimique

= répondre à des questionnements liés à la **dynamique HMS** et les **modifications biogéochimiques** liées au changement climatique (Lajaunie Salla *et al.*, 2017, RESET)


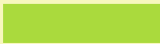


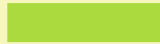


Etc.

- Modèles de grande emprise : affaire de spécialistes mais adaptation très possible
- Modèles d'emblée saisissables : se projeter / s'interroger / aider à s'organiser / à tester (mini projets)
- Indicateurs à niveau d'intégration plus élevé → orienter la restauration (diagnostic – évolution) → meilleure appréhension des réponses face aux pressions
- Synergie : acquisition de connaissances continue + action
- Interdisciplinarité, partage (échanges spécificités estuariennes)

Rapport technique (2017 – 2018)

Problématiques	Fonctionnalités	Restauration	Outil(s) à déployer	Prio.
- Désoxygénation ... et conséquences	- P. primaire	Agir sur les sources		+++
- Efflorescences ... et conséquences	- P. Secondaire	Modifier l'hydropériode		++
- Déclin productivité ...et conséquences	- Recyclage	Zones humides ripariennes etc.		+
- Corridor/connectivité				
Diminution (ou modification) des effectifs des espèces caractéristiques commerciales ou patrimoniales	- Alimentation/refuge- repos	Restaurer habitats manquants pour cycle de vie		+++
	- Production secondaire	Restaurer connectivité		+++
	- Corridor/connectivité	Restaurer qualité eau etc.		+++
				+
etc.				

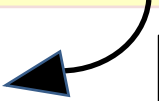
Rapport technique (2017 – 2018)

Problématiques	Fonctionnalités	Restauration	Outil(s) à déployer	Prio.
- Désoxygénation ... et conséquences	- P. primaire	Agir sur les sources		+++
- Efflorescences ... et conséquences	- P. Secondaire	Modifier l'hydropériode		++
- Déclin productivité ...et conséquences	- Recyclage	Zones humides ripariennes etc.		+
- Corridor/connectivité				
Diminution (ou modification) des effectifs des espèces caractéristiques commerciales ou patrimoniales	- Alimentation/refuge- repos	Restaurer habitats manquants pour cycle de vie		+++
	- Production secondaire	Restaurer connectivité		+++
	- Corridor/connectivité	Restaurer qualité eau etc.		+++
				+
etc.				


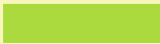


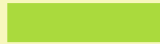


Synthèse de connaissances

- Données / paramétrages / compétences nécessaires
- Limites d'utilisation – discussions avec des spécialistes
- Domaine d'application et limites

Fiches récits-exemples



Rapport technique (2017 – 2018)

Problématiques	Fonctionnalités	Restauration	Outil(s) à déployer	Prio.
- Désoxygénation ... et conséquences	- P. primaire	Agir sur les sources		+++
- Efflorescences ... et conséquences	- P. Secondaire	Modifier l'hydropériode		++
- Déclin productivité ...et conséquences	- Recyclage	Zones humides ripariennes etc.		+
- Corridor/connectivité				
Diminution (ou modification) des effectifs des espèces caractéristiques commerciales ou patrimoniales	- Alimentation/refuge- repos	Restaurer habitats manquants pour cycle de vie		+++
	- Production secondaire	Restaurer connectivité		+++
	- Corridor/connectivité	Restaurer qualité eau etc.		+++
				+
etc.				

Synthèse de connaissances

- Données / paramétrages / compétences nécessaires
- Limites d'utilisation – discussions avec des spécialistes
- Domaine d'application et limites

Fiches récits-exemples

Guide technique (2019)

→ Guide de restauration à destination des gestionnaires

→ Pas de réponse toute faite (impossible)

(Que faire seul? Qui contacter? De quel niveau de connaissances disposer? « Pages jaunes »)

Merci de votre attention

c.capderrey@brgm.fr



Photo : GIP Seine-Aval