

# Rôle des macrophytes dans la restauration des lagunes méditerranéennes françaises

Ines Le Fur & Vincent Ouisse

# CONTEXTE

Temps de restauration en lagune dépend:

Exportation N & P  
excédentaires vers le  
milieu ouvert

Echanges  
compartiment  
benthique/colonne  
d'eau

Structure &  
fonctionnement des  
communautés

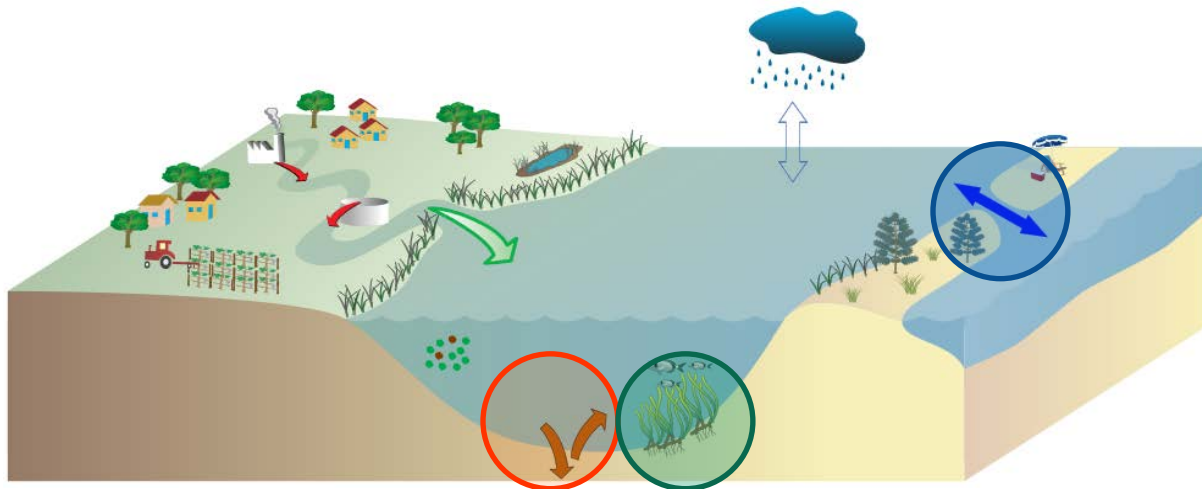
Projets initiés en 2012

**RESTOLAG**: stocks N et P sédimentaires + flux compartiment  
benthique/colonne d'eau

**DEPART**: Exportation de la matière vers la mer

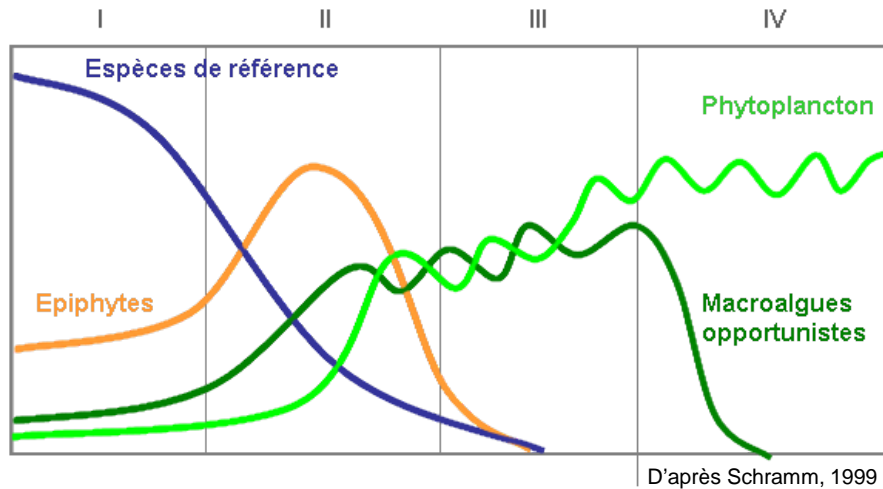
Rôle des communautés biologiques  
benthiques → régulation des cycles de  
matière au cours de la restauration ?

Au niveau benthique:  
rôle des **macrophytes** ?



# CONTEXTE

- Macrophytes souvent utilisées comme **indicateur d'état de la qualité de la lagune** (ex: DCE)



→ Successions végétales au cours de la dégradation

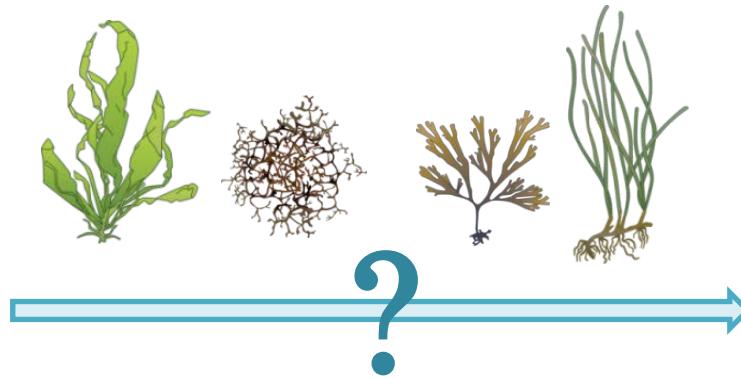
<b>Recouvrement relatif des espèces de référence (RR)</b>		
	EQRc	
$75\% \leq RR$	Très bon	
$50\% \leq RR < 75\%$	Bon	
$5\% \leq RR < 50\%$	Moyen	
$0 < RR < 5\%$		
Absence	Médiocre	Mauvais
<b>Richesse Spécifique (RS)</b>	$RS \geq 3$	$RS < 3$



# THESE: OBJECTIF GENERAL

Caractériser le rôle des macrophytes en milieu lagunaire dans la restauration écologique vis-à-vis de l'eutrophisation

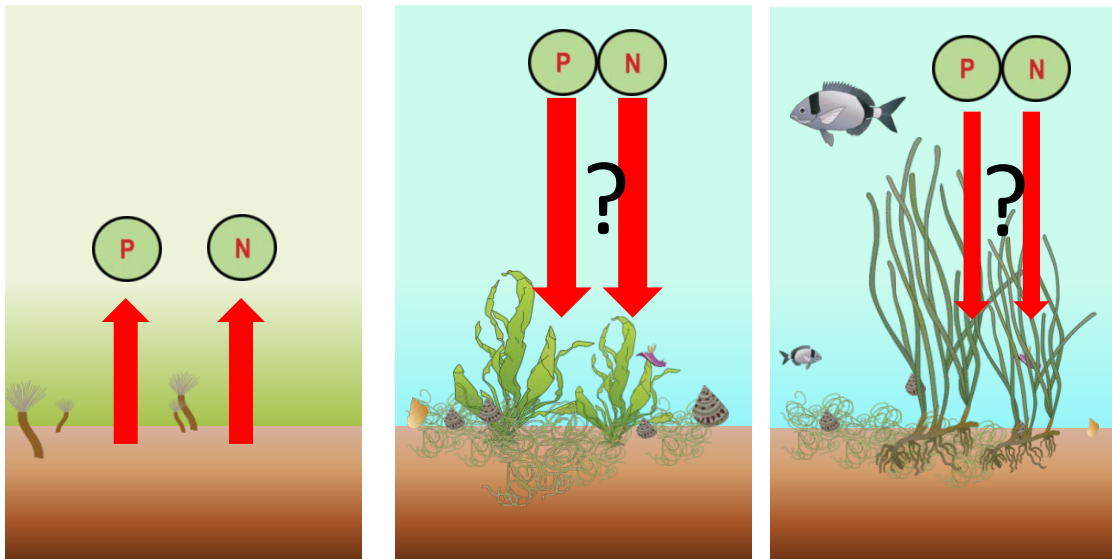
- ❑ Quelle est la trajectoire des macrophytes au cours de la restauration écologiques des lagunes?



# THESE: OBJECTIF GENERAL

Caractériser le rôle des macrophytes en milieu lagunaire dans la restauration écologique vis-à-vis de l'eutrophisation

- ❑ Quelle est la trajectoire des macrophytes au cours de la restauration écologiques des lagunes?
- ❑ Comment ces successions participent-elles à la **régulation des cycles de la matière** au sein des lagunes lors de la restauration?



# METHODES

## ❑ Analyse des données acquises (DCE, RSL, Suivis gestionnaires, etc.)

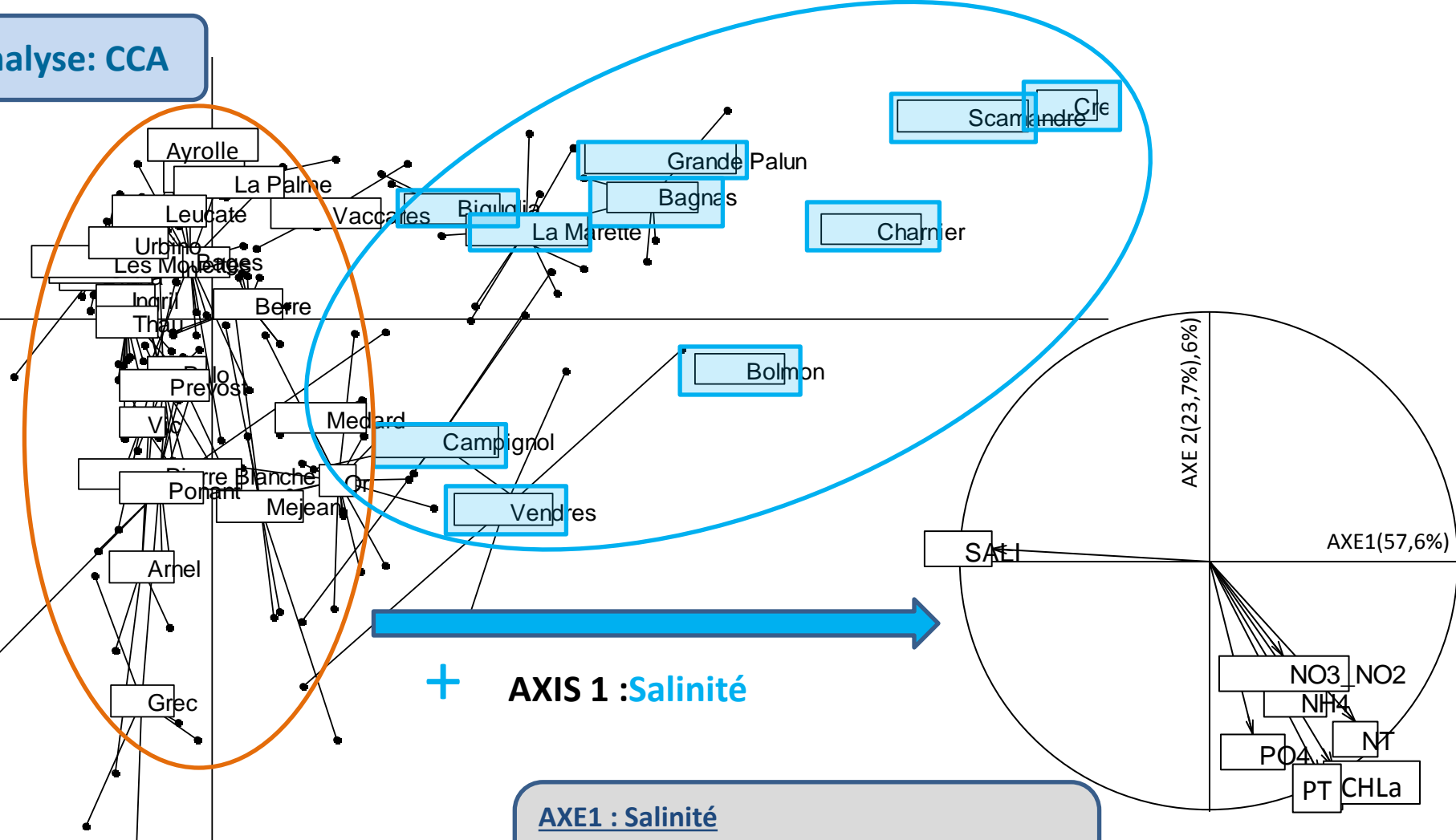
- 33 lagunes
- Environ 15 ans de données
- Analyse des données en présence/absence de macrophytes
  - Analyse de la **distribution spatiale** des macrophytes
  - Analyse de la **dynamique temporelle des espèces** en fonction des paramètres environnementaux
  - Choix des espèces étudiées et des sites

## ❑ Mesures des flux (N, P, C) *in situ*



# DISTRIBUTION SPATIAL DES MACROPHYTES

Analyse: CCA

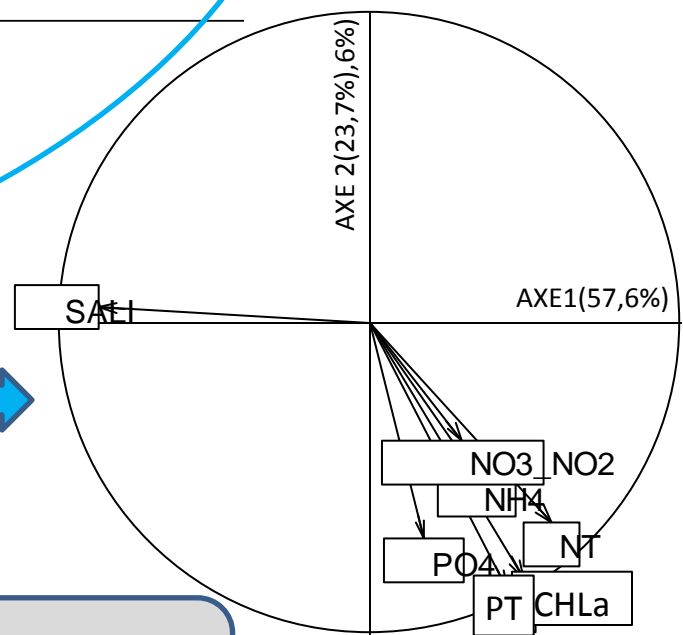
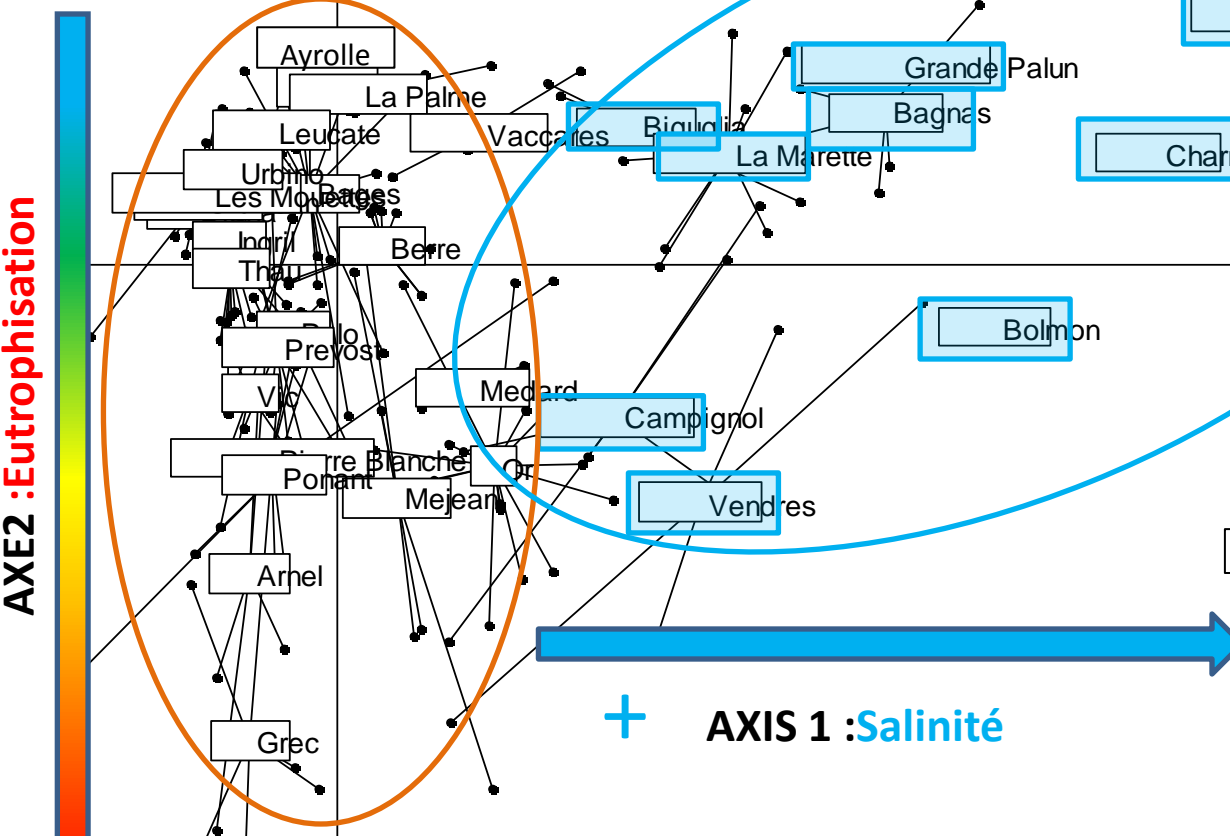


+ **AXIS 1 : Salinité**

**AXE1 : Salinité**  
 2 groupes de lagunes:  
 - **Lagunes oligo/mésohalines** (salinité < 18)  
 - **Lagunes poly/euhalines** (salinité >18)

# DISTRIBUTION SPATIAL DES MACROPHYTES

Analyse: CCA

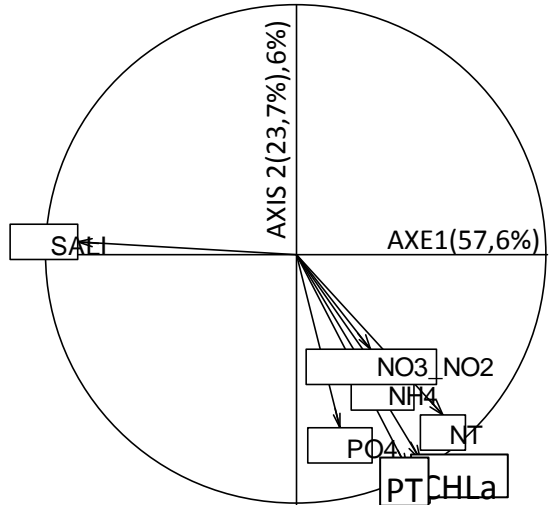
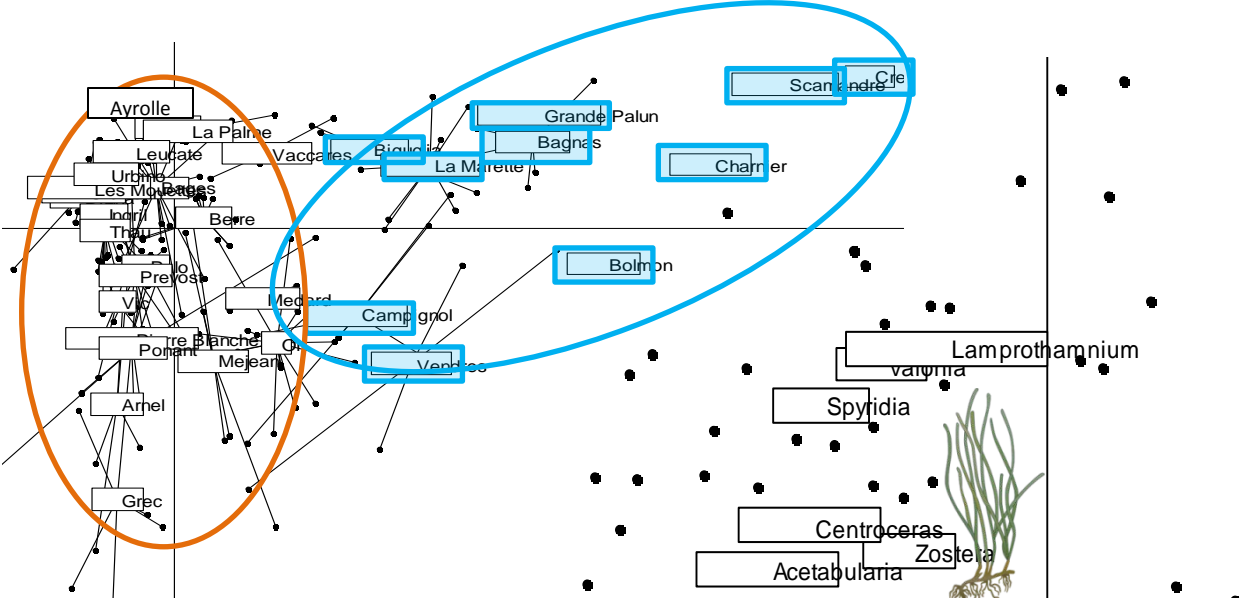


**AXE2 : Gradient d'eutrophisation**  
 Partie negative : lagunes avec fortes concentration: [PT], [NT], [CHLa]

**AXE1 : Salinité**  
 2 groupes de lagunes:  
 - Lagunes oligo/mésohalines (salinité < 18)  
 - Lagunes poly/euhalines (salinité >18)



# DISTRIBUTION SPATIAL DES MACROPHYTES

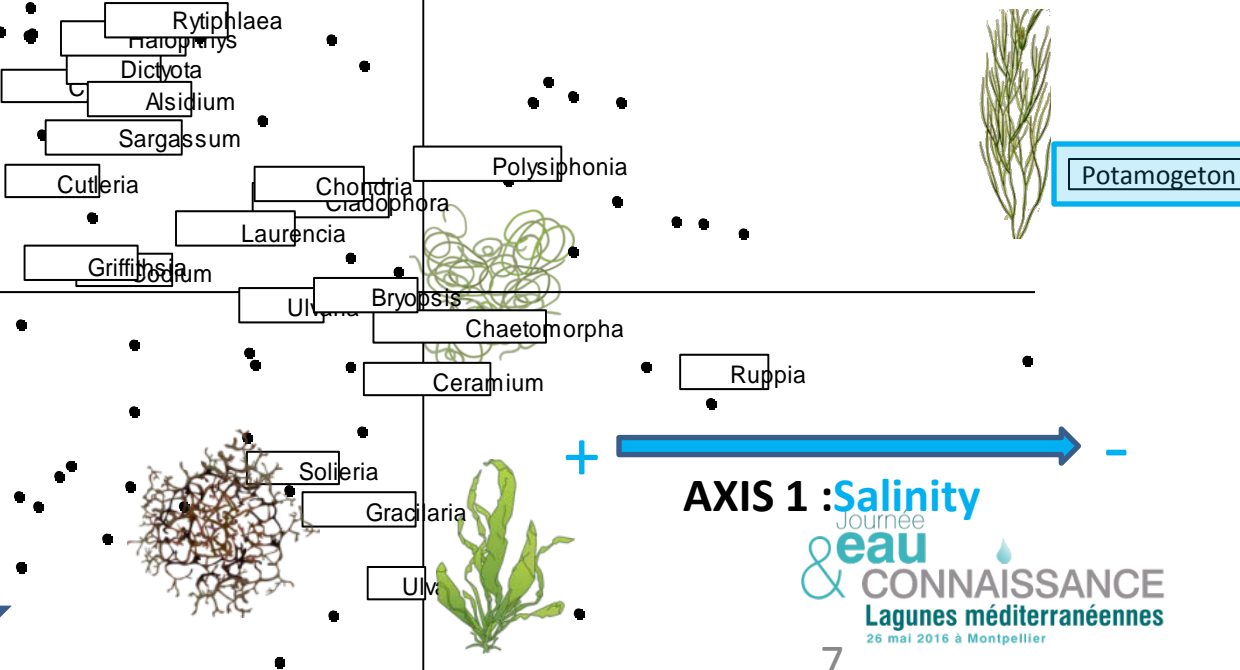


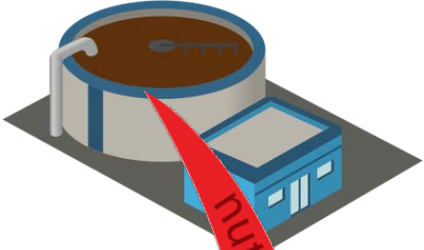
**Lagunes oligo/mésohalines**  
 → *Potamogeton sp*

**Lagunes Poly/euhalines forte** [Pt], [CHLa], [Nt]  
 = *Ulva sp*, *Gracilaria sp*

- Faible [Pt], [CHLa], [Nt]  
 = *Zostera sp*, *Acetabularia sp*, ect.

**AXE2 : Eutrophication**



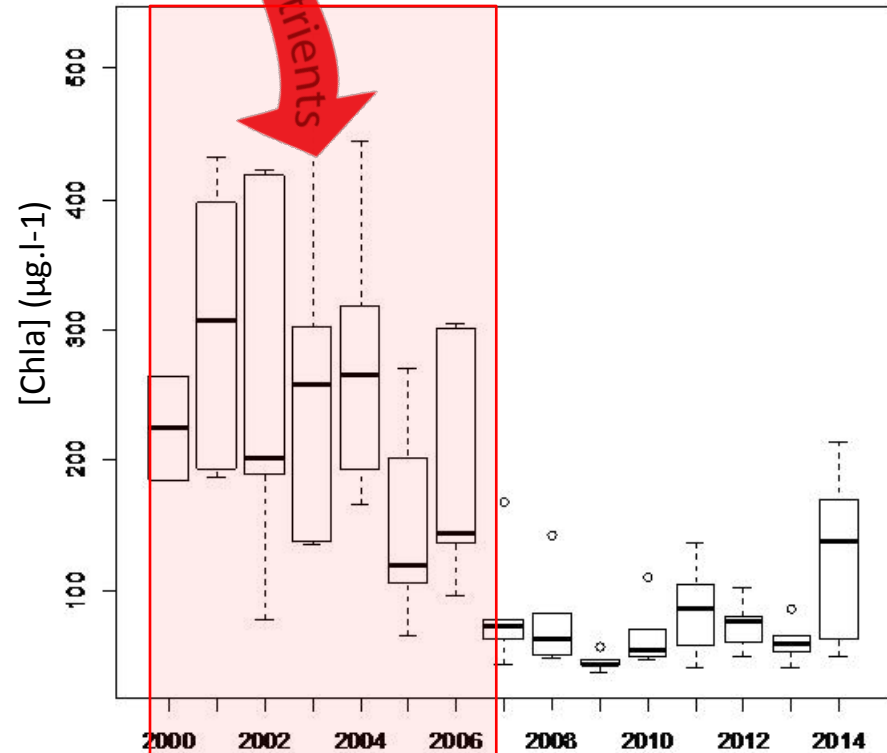


# DYNAMIQUE TEMPORELLE: cas du Méjean

- jusqu'en 2006: rejet de STEP



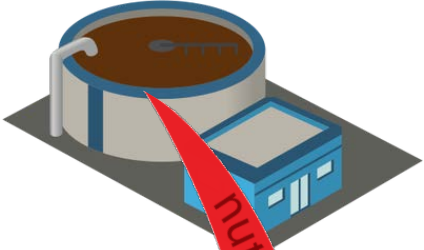
sediment nu



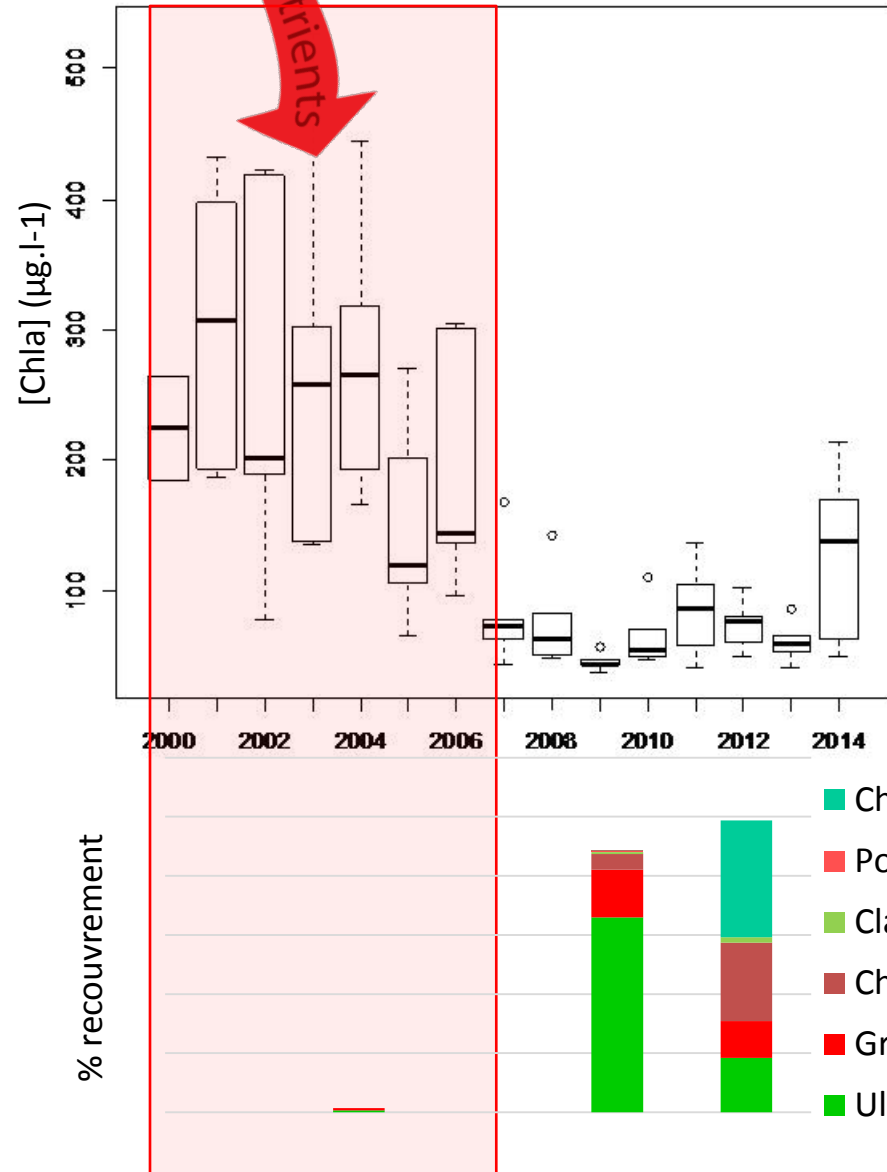
% recouvrement

- Chaetomorpha
- Polysiphonia
- Cladophora
- Chondria
- Gracilaria
- Ulva





# DYNAMIQUE TEMPORELLE: cas du Méjean



- jusq'en 2006: rejet de STEP en lagune



sediment nu

- Depuis 2006: Rejet en mer (MAERA)



[Nt] [Pt] [Chl a]

→ Recouvrement rapide de macrophytes



*Ulva sp.*



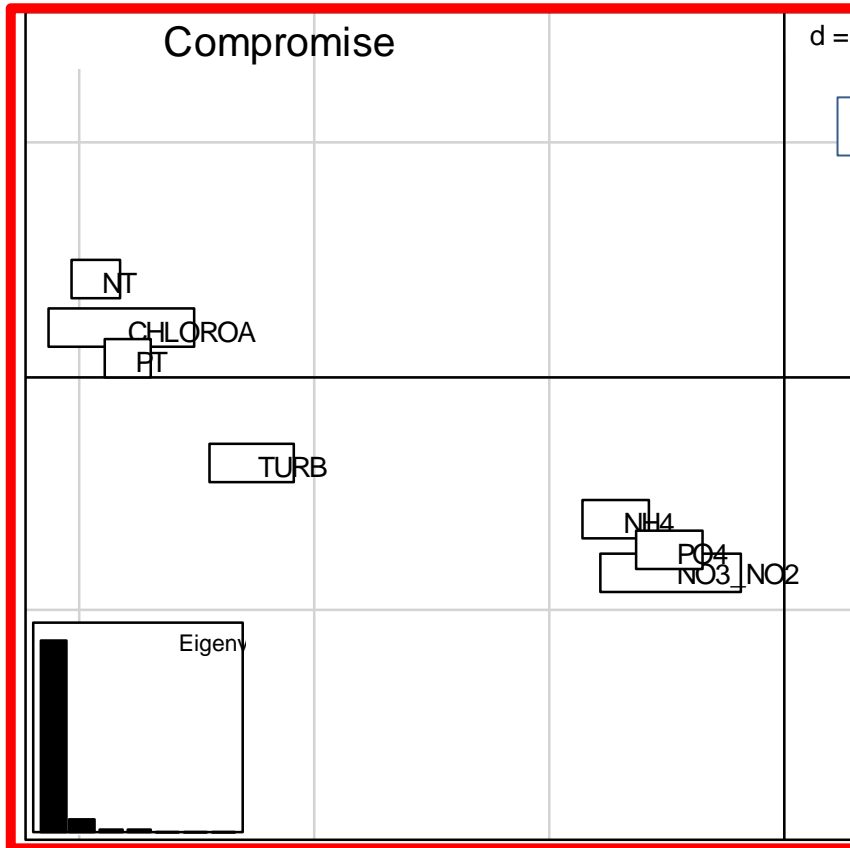
*Gracilaria sp.*



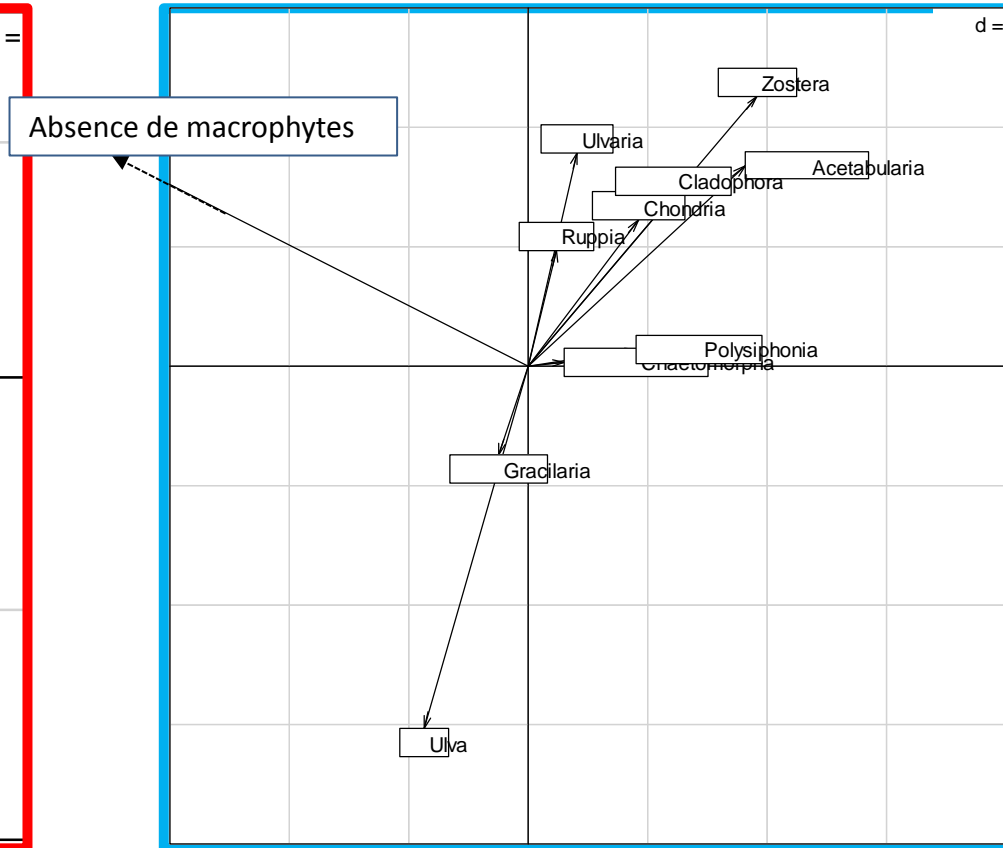
*Chaetomorpha sp.*

# DYNAMIQUE TEMPORELLE

## ENVIRONNEMENT



## GENRES (MACROPHYTES)

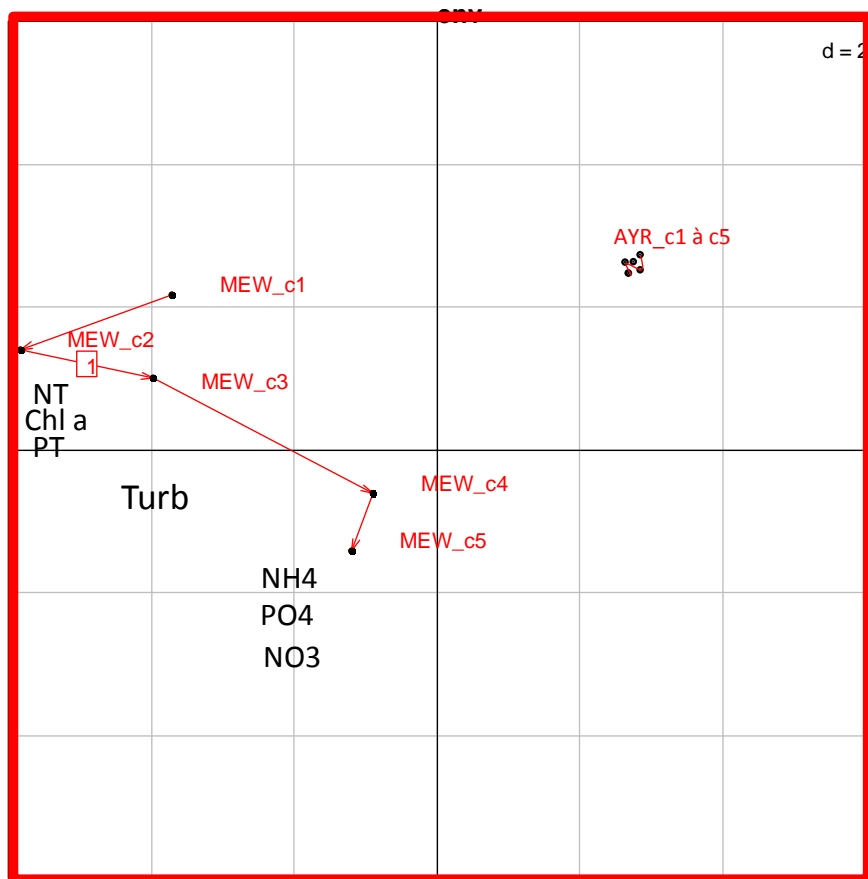


Compromis construit à partir de 13 lagunes

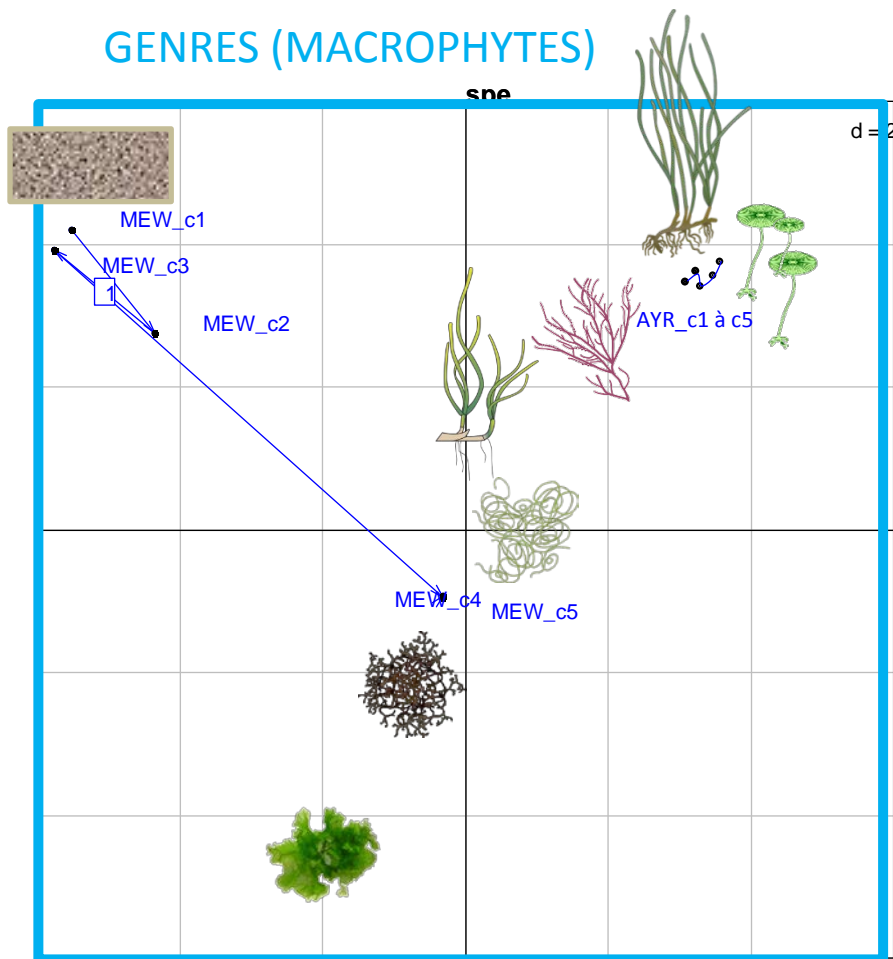
- Ayrolle (reference), La Palme (Reference DCE), Bages, Or, Ingril, Arnel, Mejean Vic, Pierre-Blanche, Grec, Prevost

# DYNAMIQUE TEMPORELLE

## ENVIRONNEMENT



## GENRES (MACROPHYTES)



# CONCLUSION

## DISTRIBUTION SPATIALE

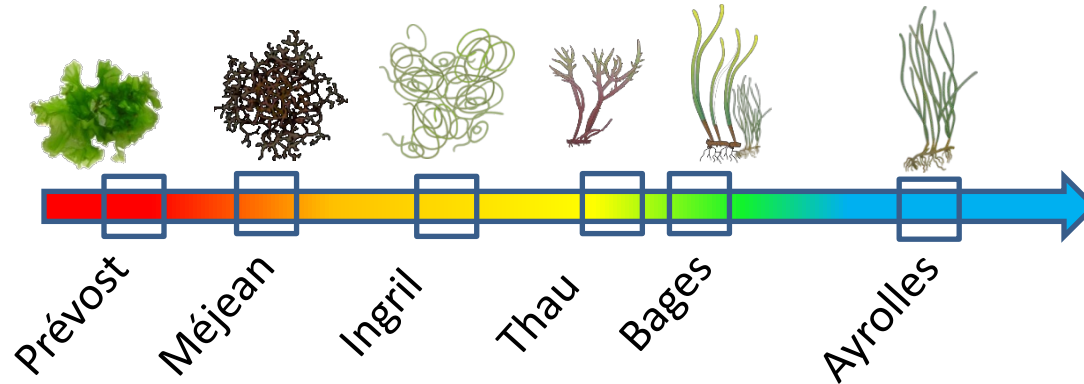
- Difference entre les lagunes oligo/mésohalines et poly/euhalines: composition , distribution différente des espèces avec la salinité
- Impact du gradient d'eutrophisation

## DYNAMIQUE TEMPORELLE

- 1eres étapes de restauration: apparition rapide de macrophytes (ex:Méjean)
- Trajectoire d'évolution des macrophytes au cours de la restauration

# PERSPECTIVES

- **Macrophytes = indicateur qualité écologique mais quel rôle fonctionnel dans la restauration?**



- **Mesure du métabolisme *in situ* des espèces dominantes**



Photo: T. Berteaux

- **Intégration des connaissances. Modèle**  
lien entre successions des communautés et régulation des flux biogéochimiques.

→ proposition de scénarios types de restauration des lagunes

- **Quantification du rôle des macrophytes selon les différents scénarios de restauration**

# Distribution potentielle de *Zostera noltei* dans les lagunes méditerranéennes françaises

Ouisse V.<sup>1,2\*</sup>, Perron C.<sup>1</sup>, Fiandrino A.<sup>1,2</sup>, Oheix J.<sup>1,2</sup>, Giraud A.<sup>3</sup> and Rochette S.<sup>4</sup>

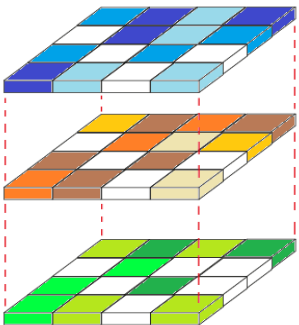
1 Ifremer Laboratoire Environnement Ressources Languedoc-Roussillon, 34203 Sète, France

2 UMR MARBEC, CNRS, Ifremer, IRD & Univ Montpellier

3 Agence de l'eau RMC, Montpellier, France

4 Ifremer, Service Application Géomatique, Brest, France

\* [vincent.ouisse@ifremer.fr](mailto:vincent.ouisse@ifremer.fr)





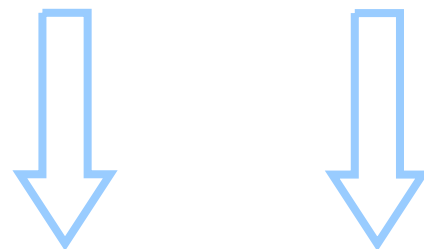
Pressions  
**anthropiques**



Conditions  
environnementales  
**naturelles**

- Concentration en nutriments
- Pollutions chimiques
- Ancrage
- ...

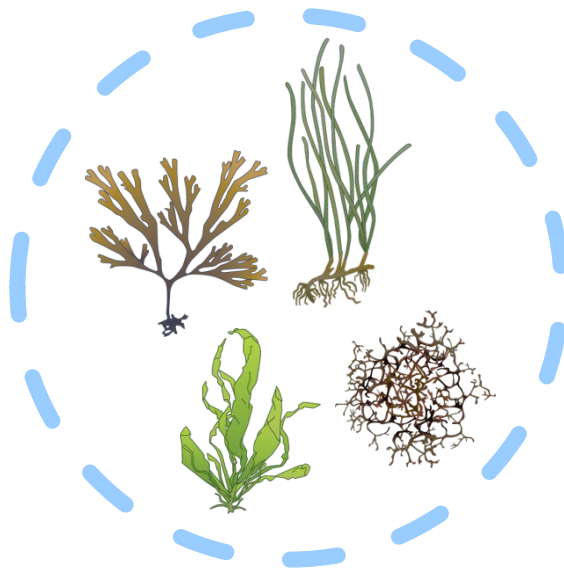
- Substrat
- Lumière (profondeur)
- Température
- Salinité
- ...



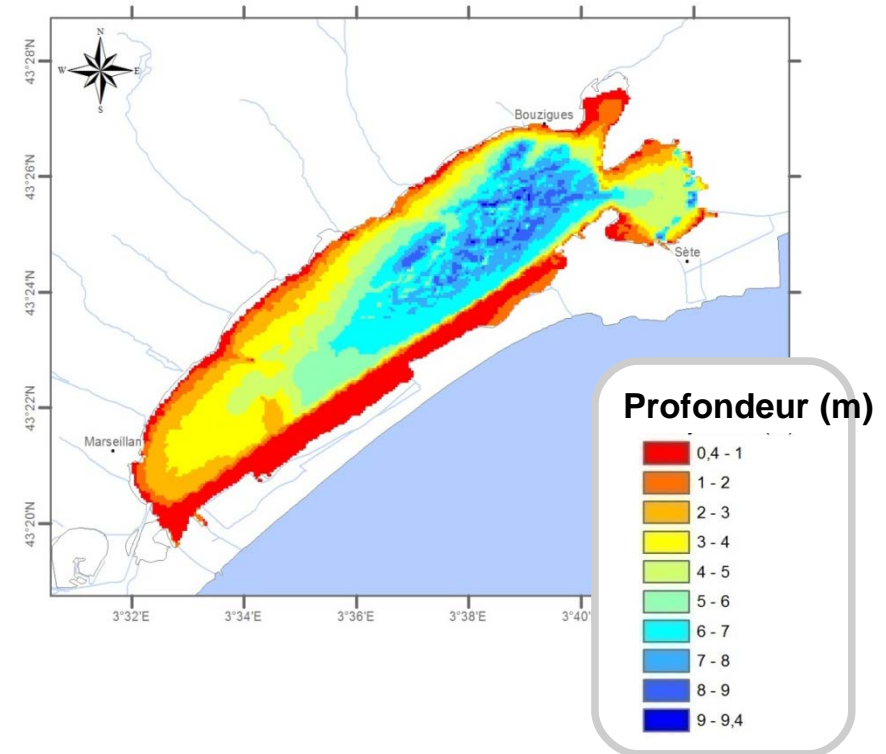
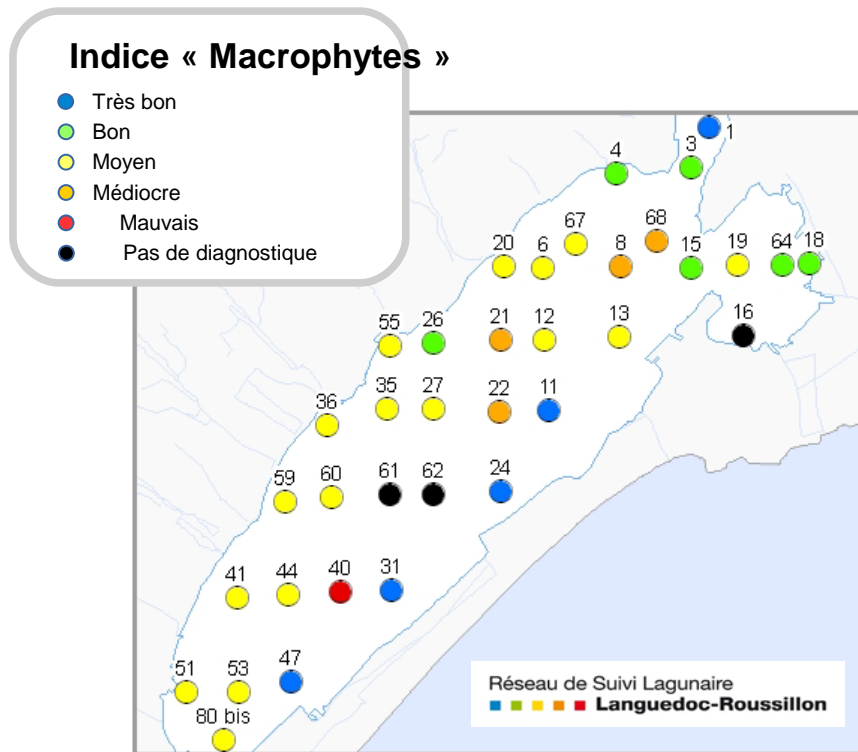
*Présence ou Absence*



**Indicateur  
écologique**  
(DCE, 2000/60/EC)



## ☐ Indice « Macrophytes » dans la lagune de Thau (2011)



- ✓ Plus de 60% des stations benthiques dans un état « moyen »
- ✓ Pas de diagnostic sur 3 stations (pas de macrophyte)

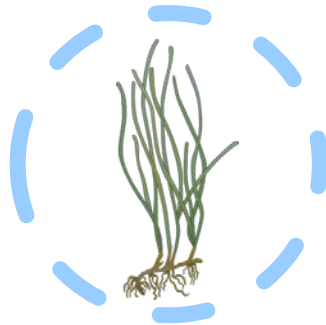
Effets de l'**Eutrophisation** ou de la **profondeur** ?

## Objectif

**Identifier les variables environnementales** (anthropiques et naturelles), qui contrôlent la distribution des macrophytes dans les lagunes méditerranéennes françaises.

Focalisée sur *Zostera noltei*

## Hypothèses



Présence & Absence

≈

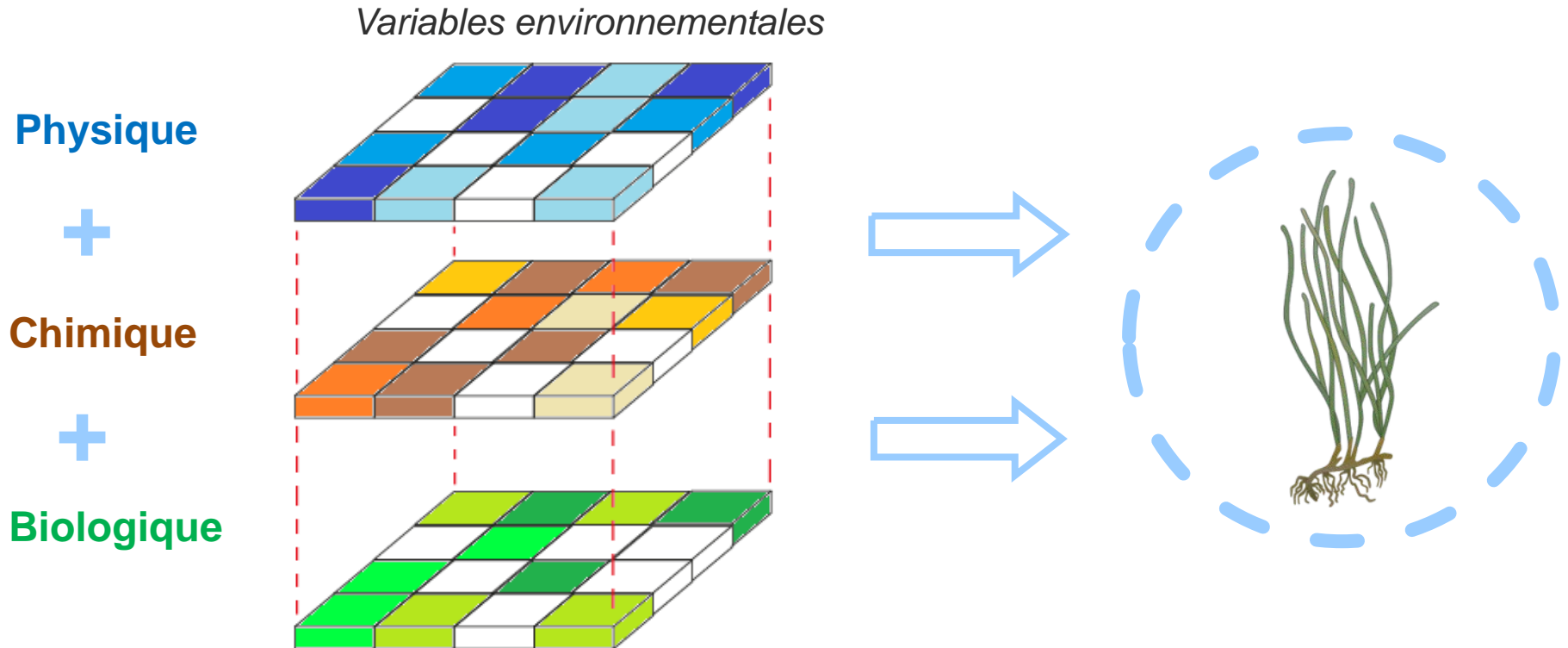
Conditions  
environnementales  
naturelles

+

Pressions  
anthropiques

# Le modèle corrélatif (GAM)

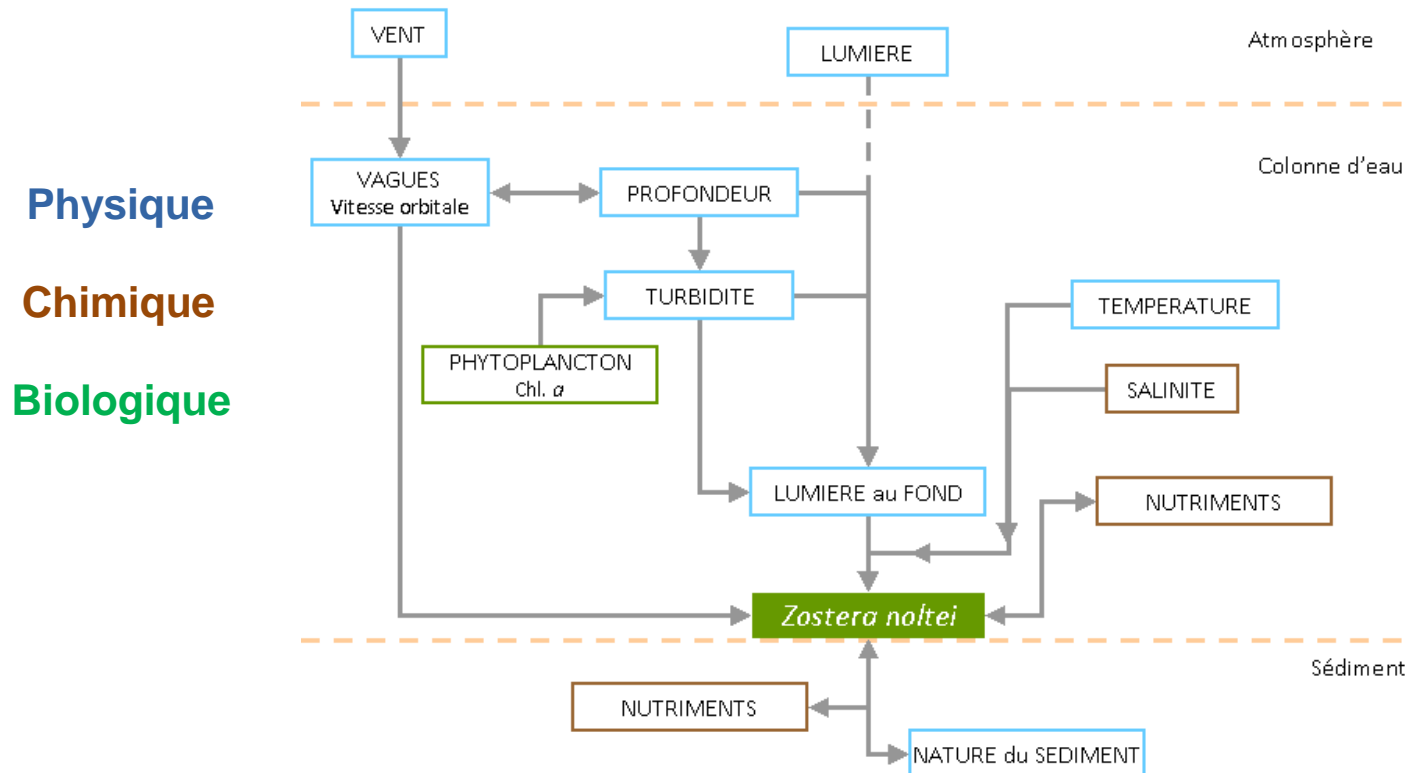
1. Recherche des liens entre les observations de *Z. noltei* et les variables environnementales



2. **Meilleur modèle** = celui qui produit le moins d'erreurs entre l'observation et la prédiction

*Validation croisée (100 itérations, 80% pour construire et 20% pour évaluer)*

# Données disponibles

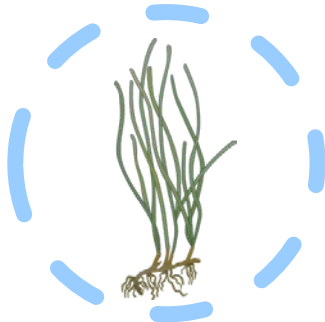


- Présence/Absence de *Zostera noltei* Réseau de Suivi Lagunaire (**RSL**, 1999 - 2013)
- Variables climatiques Météo France (1999 - 2013)
- Données environnementales Réseau de Suivi Lagunaire (**RSL**, 1999 - 2013)

**547 observations entre 2001 et 2013**

# Meilleur modèle & qualité de prédiction

Prédictions en accord avec les observations dans  
88% des cas



Presence & Absence

≈ Tension de cisaillement

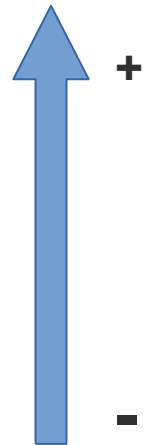
+ Concentration en azote total dans l'eau

+ Profondeur

+ Concentration en phosphates dans l'eau

+ Lumière disponible

Variabilité  
expliquée



- ✓ **Influence** (indirecte) de la **tension de cisaillement** et de la concentration en **nutriments** dans l'eau

*Hypothèses : Limitation du développement des autres espèces compétitrices*

- ✗ **Pas d'influence des caractéristiques du sédiment**

# Meilleur modèle & qualité de prédiction

Comment utiliser ce modèle dans le contexte de la DCE ?



⇒ **Prédire les effets** de la réduction des pressions sur la distributions de *Z. noltei*

(Définir les seuils de concentration en nutriments)

⇒ Définir le potentiel de colonisation de *Z. noltei*

⇒ Définir les zones où *Z. noltei* seraient **absente** même si l'état est **bon**

(Identifier les zones où les conditions naturelles limitent le développement de *Z. noltei*)



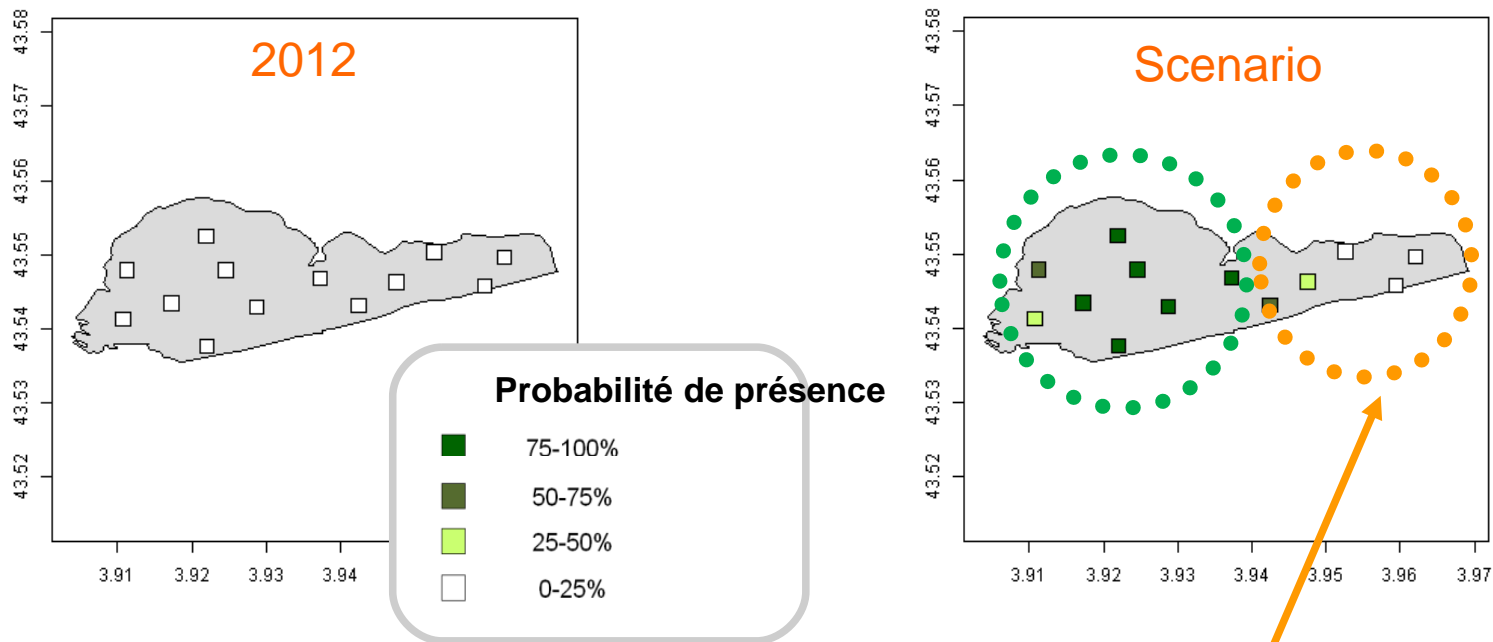
Il est nécessaire de discriminer les effets naturels des effets anthropiques

# Application dans le contexte de la DCE

= Réduction de la pression anthropique

⇒ Diminution NT et PO<sub>4</sub> dans l'eau

## □ La lagune eutrophisée du Méjean

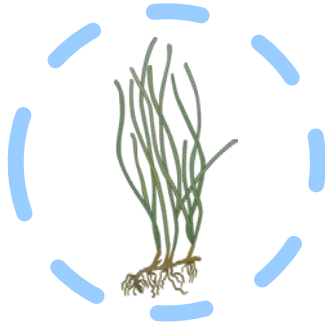


✓ Augmentation de la probabilité de présence dans la partie Ouest  
⇒ Zone potentielle de recolonisation

✓ Faible probabilité dans la partie Est  
⇒ Développement limité par des conditions naturelles

*Recolonisation possible dans de nombreuses lagunes (Bages, Bagnas, Campagnol, Or, Vendres)*





≈

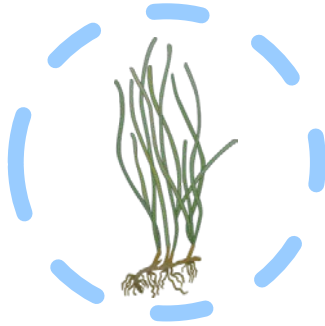
Conditions  
environnementale  
s naturelles

+

Pressions  
anthropiques

Présence & Absence

- ✓ Modèle avec une **bonne qualité de prédiction** (88 % en accord avec les observations)
- ✓ **Influence** (indirecte) de la **tension de cisaillement** et de la concentration en **nutriments** dans l'eau
- ✗ **Pas d'influence des caractéristiques sédimentaires**



≈

Conditions  
environnementale  
s naturelles

+

Pressions  
anthropiques

Présence & Absence

Outil intéressant

- ✓ Pour tester l'effet d'une réduction des pressions anthropiques (azote et phosphore)
- ✓ Pour consolider les indicateurs écologiques (prendre en compte les absences naturelles)