

Influence des forçages globaux et locaux sur l'évolution à long-terme des nutriments dans le Bassin d'Arcachon

Journée scientifique Intercomparaison Roscoff – Jeudi 10 Octobre 2019

Arnaud Lheureux

arnaud.lheureux@u-bordeaux.fr

EPOC

Savoye N., Del Amo Y., Soudant D., Goberville E., Auby I., D'Amico F., Ganthy F., Gouriou L., Meteigner C., Oger-Jeanneret H., Rigouin L., Rumebe M., Tournaire M-P., Trut F., Trut G., David V.

Financements



EVOLECO-vφ

université
de **BORDEAUX**



lefe

S SCIENCES
SORBONNE
UNIVERSITÉ

Ifremer

Conclusion

Results

Material

Contexte général

Les écosystèmes côtiers :

- 7% de la surface de la terre
- 50% de la biodiversité

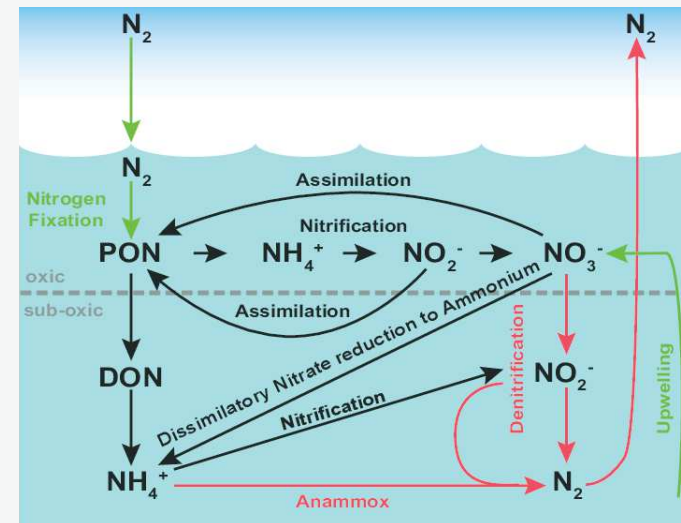
Introduction

Contexte général

Les écosystèmes côtiers :

- 7% de la surface de la terre
- 50% de la biodiversité
- Rôle dans les cycles biogéochimiques
 - N P Si

(de Groot et al 2012)



Adapted from Sollai et al (2015)

Contexte général

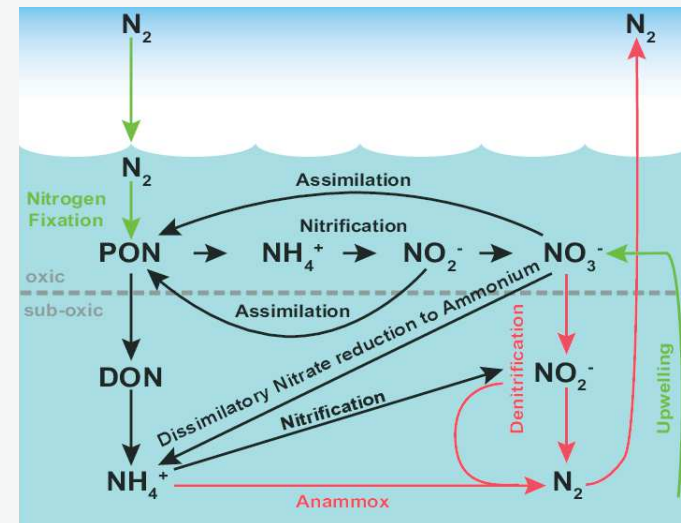
Les écosystèmes côtiers :

- 7% de la surface de la terre
- 50% de la biodiversité
- Rôle dans les cycles biogéochimiques
 - N P Si

(de Groot et al 2012)

Les écosystèmes côtiers :

- Sont à l'interface continent/océan
- Les nutriments ont différentes sources
 - Les rivières
 - L'atmosphère
 - L'océan
 - Les sédiments et eaux du fond



Adapted from Sollai et al (2015)

Conclusion

Results

Material

Buts & Objectifs

1. Etudier les évolutions pluridécennales des nutriments



Introduction

Conclusion

Results

Material

Buts & Objectifs

1. Etudier les évolutions pluridécennales des nutriments



2. Identifier les forçages regionaux et locaux ayant une influence



Introduction

Conclusion

Results

Material

Buts & Objectifs

1. Etudier les évolutions pluridécennales des nutriments



2. Identifier les forçages régionaux et locaux ayant une influence



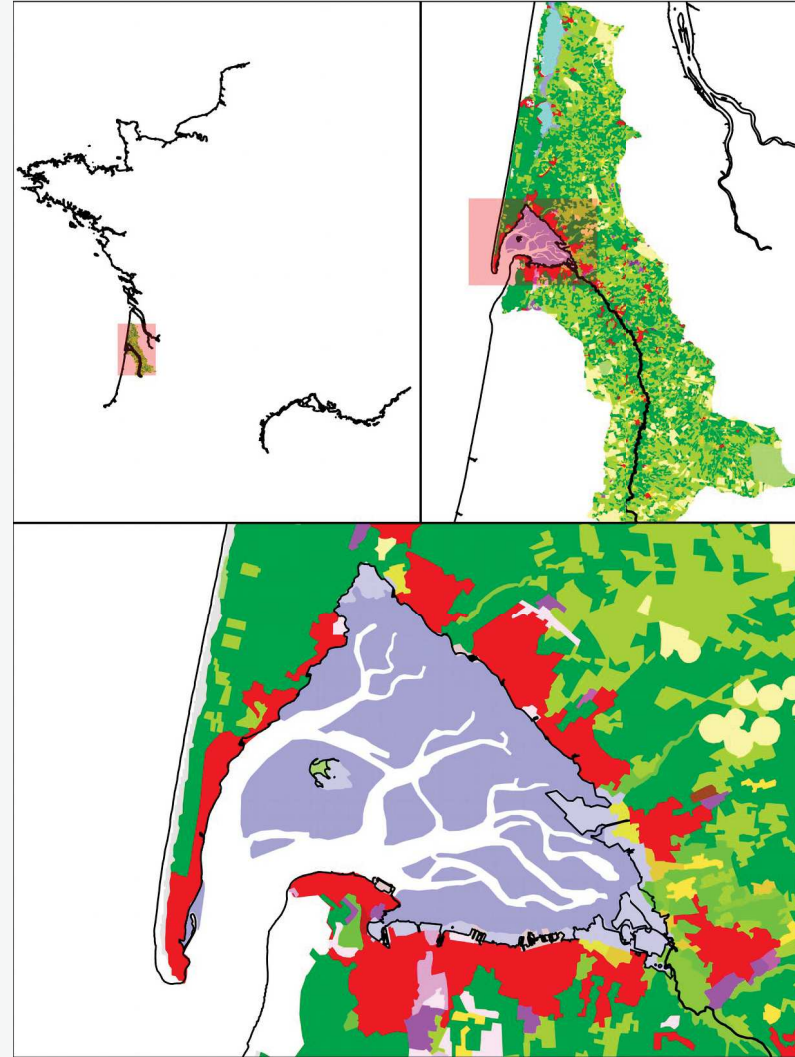
3. Identifier une spatialisation de ces changements

Introduction

Le Bassin d'Arcachon

Caractéristiques

- Lagune semi-fermée de 180 km²
- Composée à 70% de substrat intertidal vase-sableux
- Large herbier



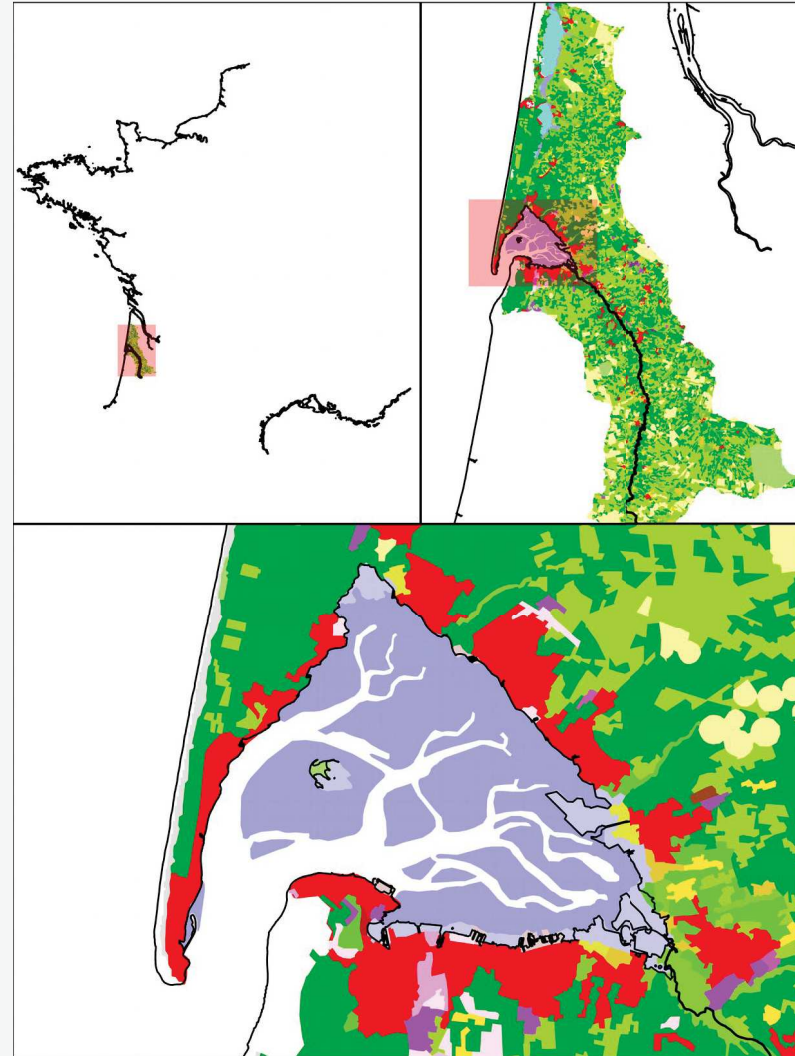
Le Bassin d'Arcachon

Caractéristiques

- Lagune semi-fermée de 180 km²
- Composée à 70% de substrat intertidal vase-sableux
- Large herbier

Bassin versant

- 3500 km²
- 70% forêts
- Pression urbaine sur la côte



Le Bassin d'Arcachon

Caractéristiques

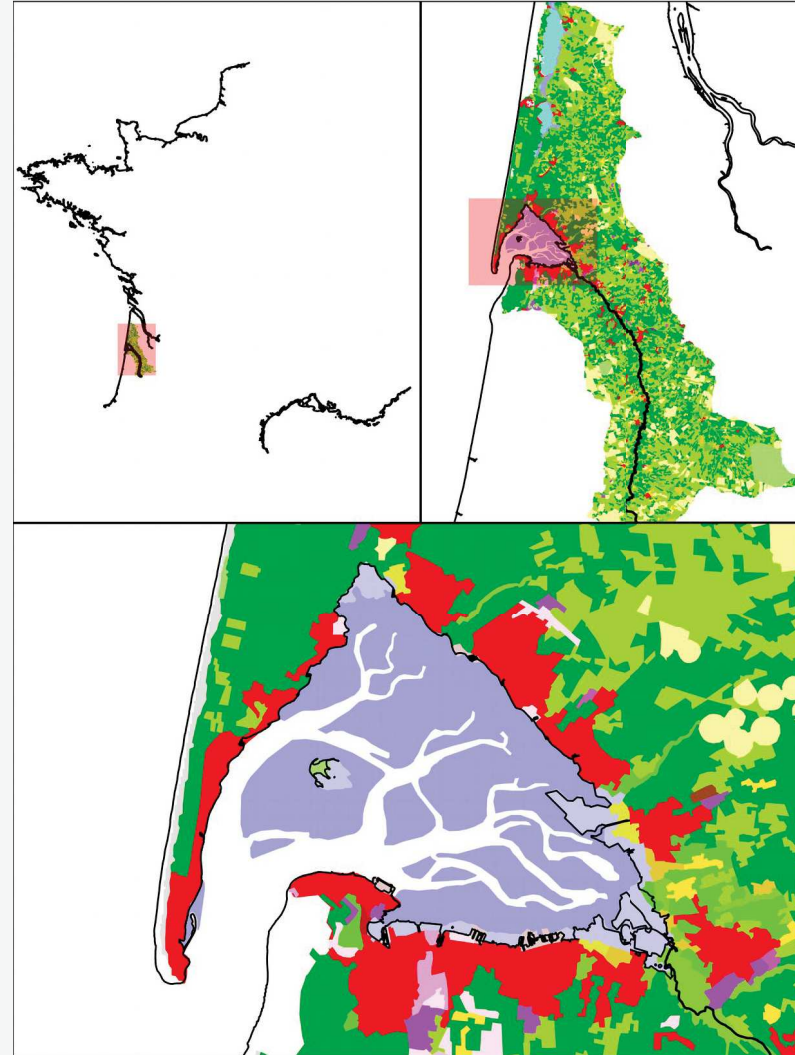
- Lagune semi-fermée de 180 km²
- Composée à 70% de substrat intertidal vase-sableux
- Large herbier

Bassin versant

- 3500 km²
- 70% forêts
- Pression urbaine sur la côte

Echanges de masses d'eau

- Eau douce : $\sim 600 \times 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{y}^{-1}$
- Eau de mer : $\sim 384 \times 10^6 \text{ m}^3$ par marée



Conclusion

Results

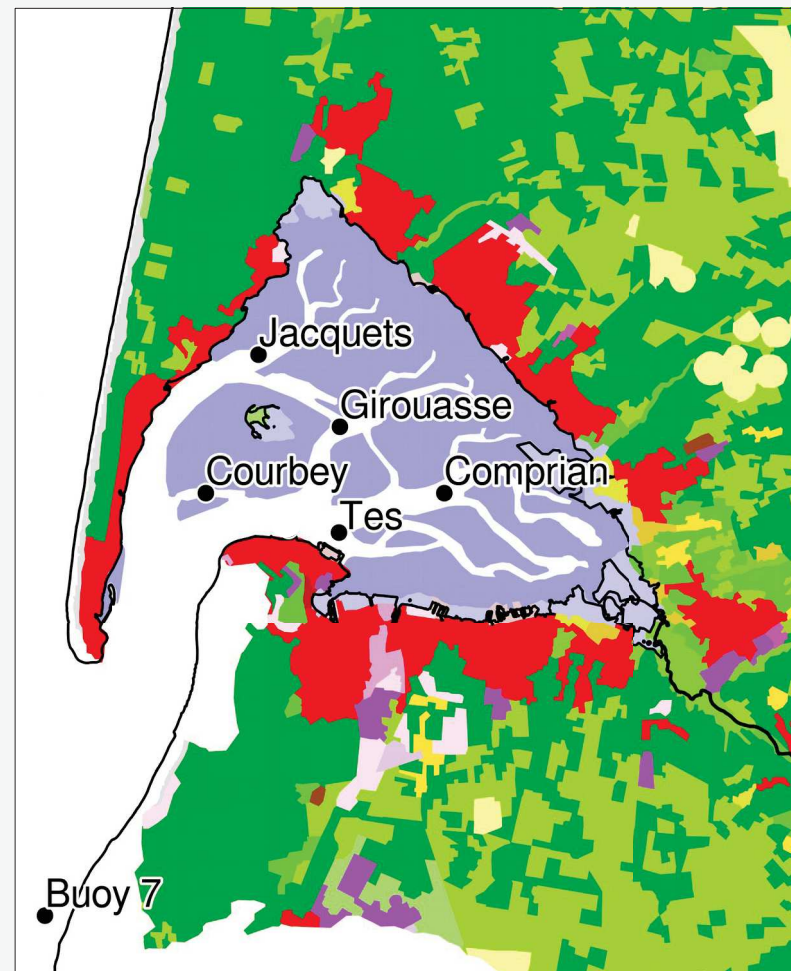
Paramètres *in-situ*

Période étudiée : 1999-2017
Stations : 6 (pleine et basse mer)
échantillonnées 2x par mois



Ifremer

ARCHYD



Material

Introduction

Paramètres *in-situ*

Période étudiée : 1999-2017
Stations : 6 (pleine et basse mer)
échantillonnées 2x par mois

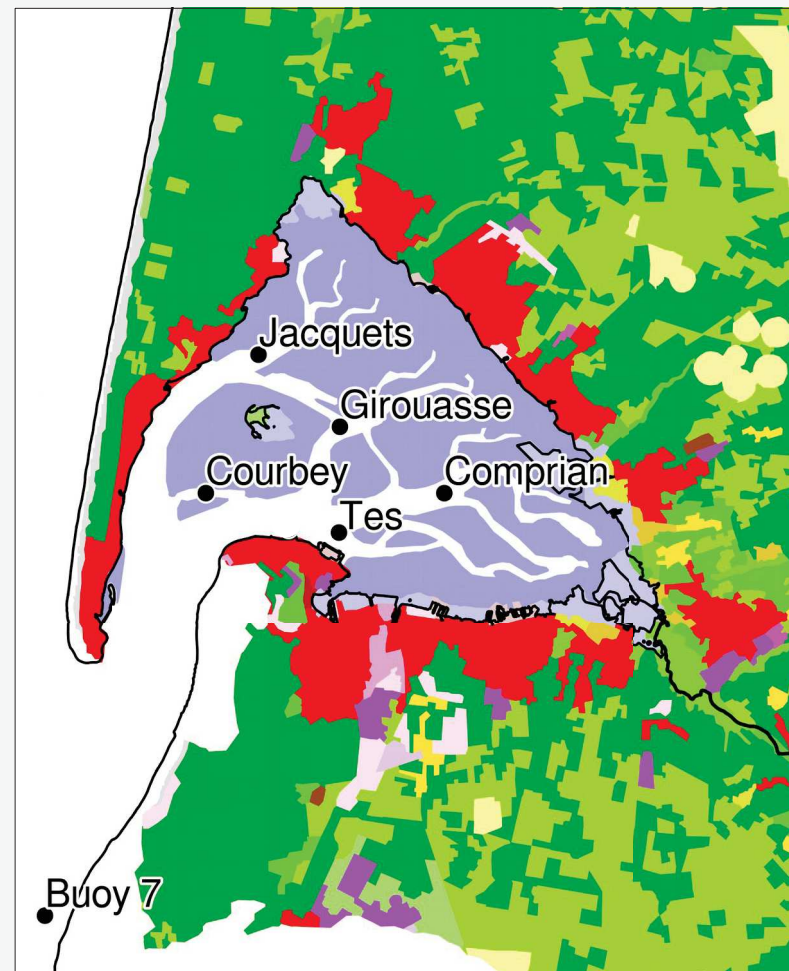


Ifremer

ARCHYD

Nutriments :

- NH_4^+
- $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$
- PO_4^{3-}
- Si(OH)_4



Paramètres *in-situ*

Période étudiée : 1999-2017
Stations : 6 (pleine et basse mer)
échantillonnées 2x par mois



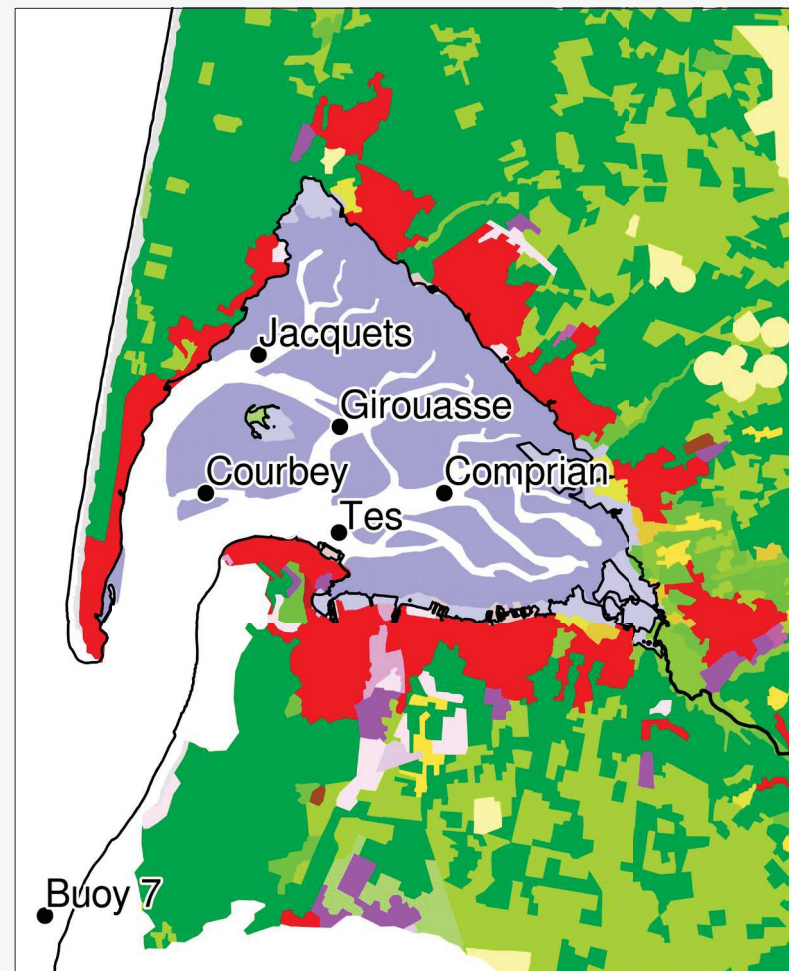
Ifremer ARCHYD

Nutriments :

- NH_4^+
- $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$
- PO_4^{3-}
- $\text{Si}(\text{OH})_4$

Paramètres additionnels

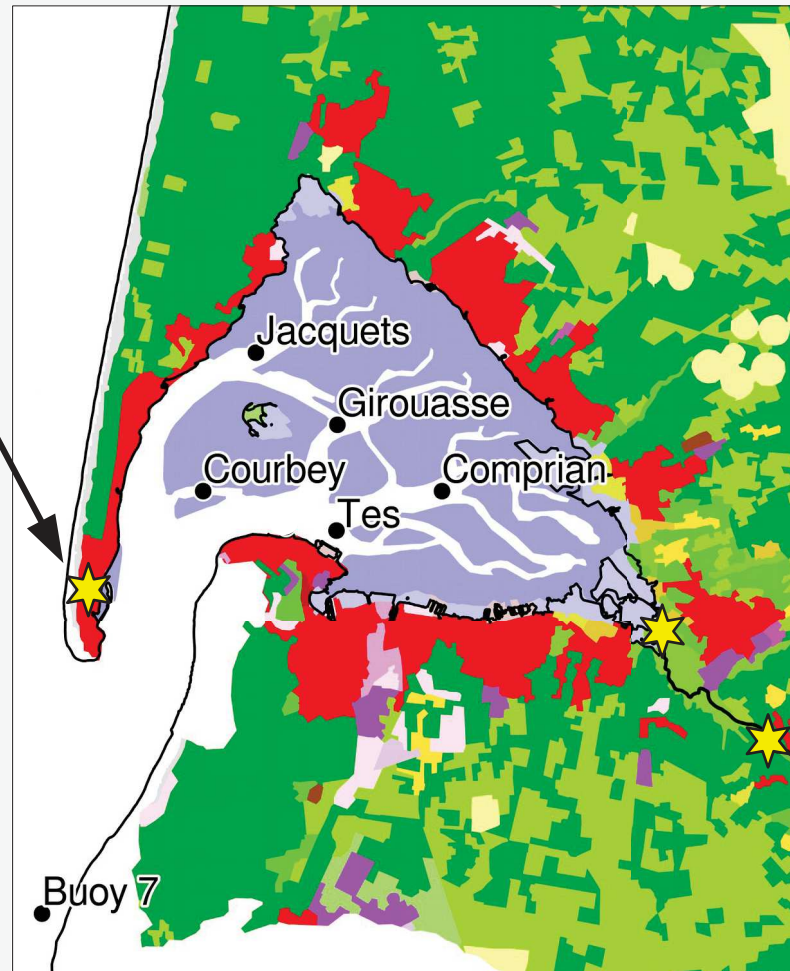
- Température de l'eau
- Salinité
- Matière en suspension
- Chlorophylle-a



Forçages locaux

Météo

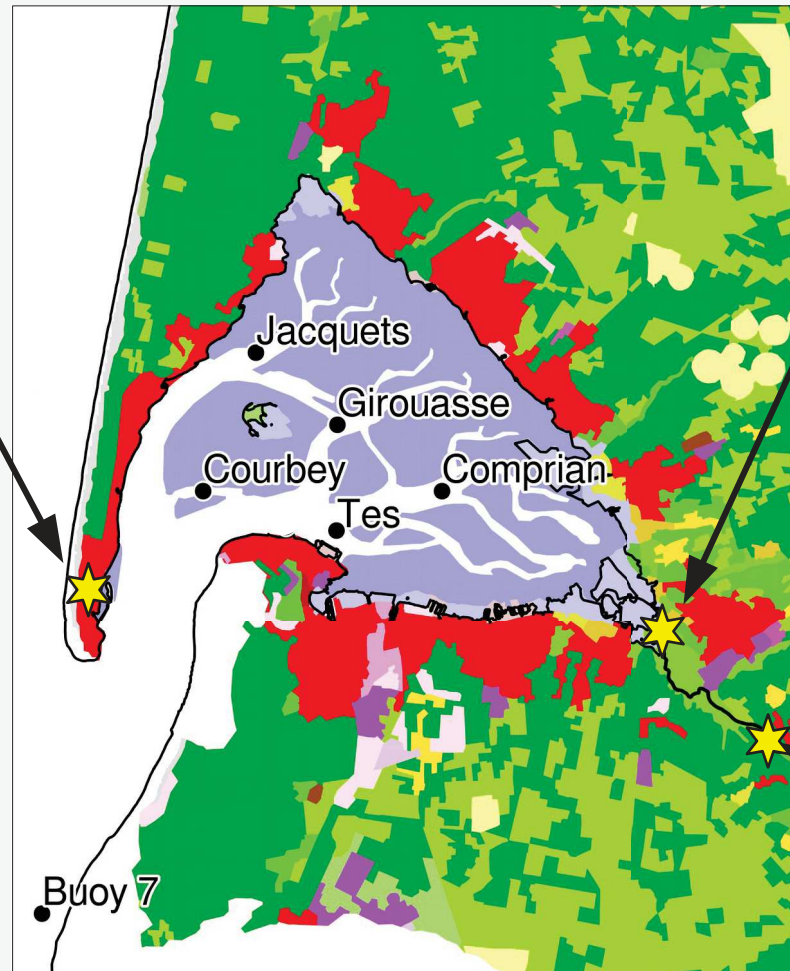
- Température de l'air
- Pression atm
- Direction et intensité du vent
- Hauteur de pluie cumulée
- Irradiance



Forçages locaux

Météo

- Température de l'air
- Pression atm
- Direction et intensité du vent
- Hauteur de pluie cumulée
- Irradiance



Eau douce

Concentrations en nutriments

- NH_4^+
- $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$

Moyennes mensuelles des débits

Conclusion

Results

Analyses statistiques

Pour étudier les évolutions des nutriments

Method

Introduction

Conclusion

Results

Analyses statistiques

Pour étudier les évolutions des nutriments

- Modèles Linéaires Dynamiques (DLMs)

Method

Introduction

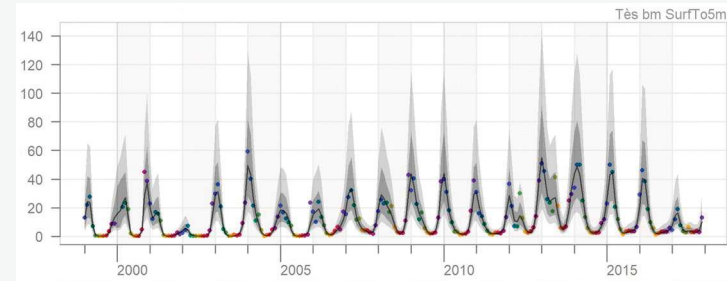
Conclusion

Results

Analyses statistiques

Pour étudier les évolutions des nutriments

- Modèles Linéaires Dynamiques (DLMs)
- Ne nécessitent pas d'harmonisation des données



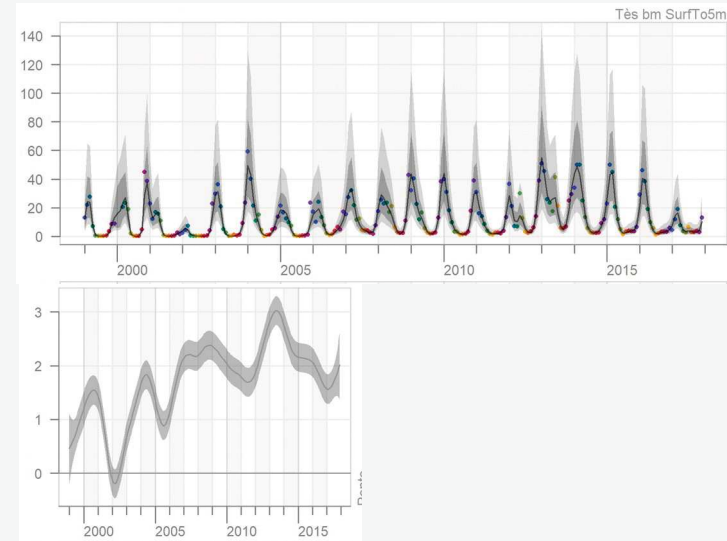
Method

Introduction

Analyses statistiques

Pour étudier les évolutions des nutriments

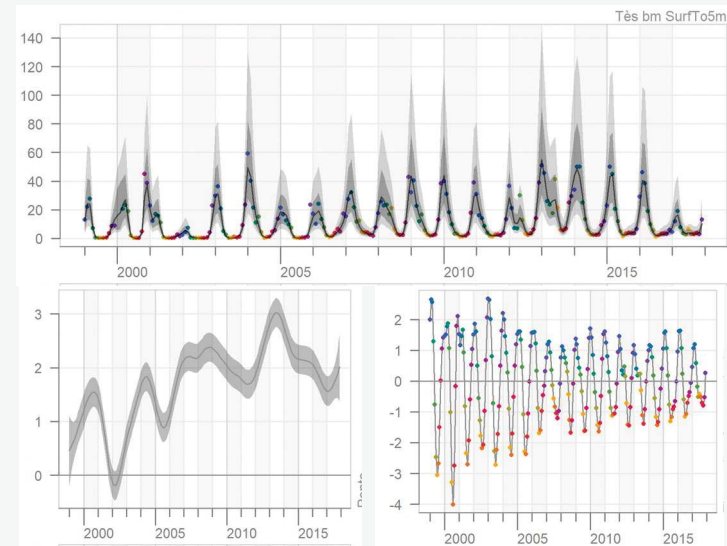
- Modèles Linéaires Dynamiques (DLMs)
- Ne nécessitent pas d'harmonisation des données
- Tendances d'évolution



Analyses statistiques

Pour étudier les évolutions des nutriments

- Modèles Linéaires Dynamiques (DLMs)
- Ne nécessitent pas d'harmonisation des données
- Tendances d'évolution
- Saisonnalité changeante



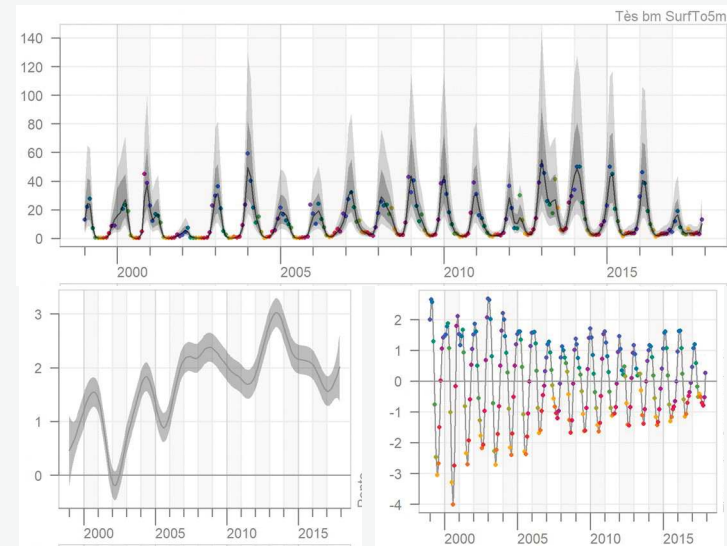
Analyses statistiques

Pour étudier les évolutions des nutriments

- Modèles Linéaires Dynamiques (DLMs)
- Ne nécessitent pas d'harmonisation des données
- Tendances d'évolution
- Saisonnalité changeante

Pour étudier l'influence des forçages

- Corrélations



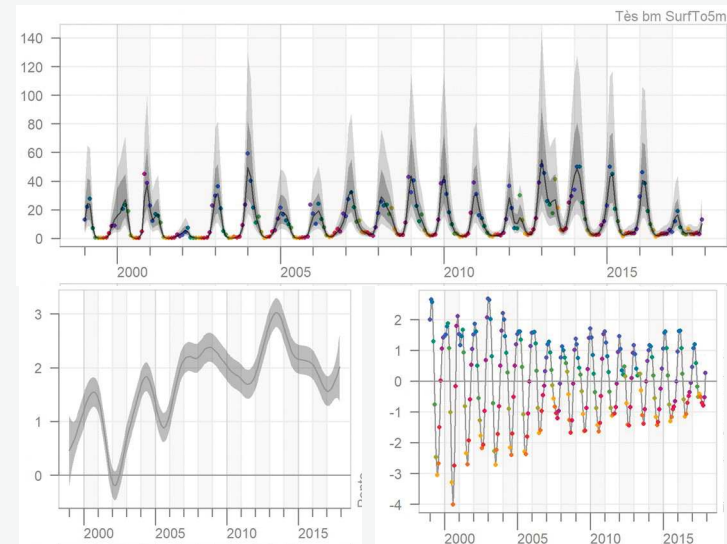
Analyses statistiques

Pour étudier les évolutions des nutriments

- Modèles Linéaires Dynamiques (DLMs)
- Ne nécessitent pas d'harmonisation des données
- Tendances d'évolution
- Saisonnalité changeante

Pour étudier l'influence des forçages

- Corrélations
- Tests de tendance



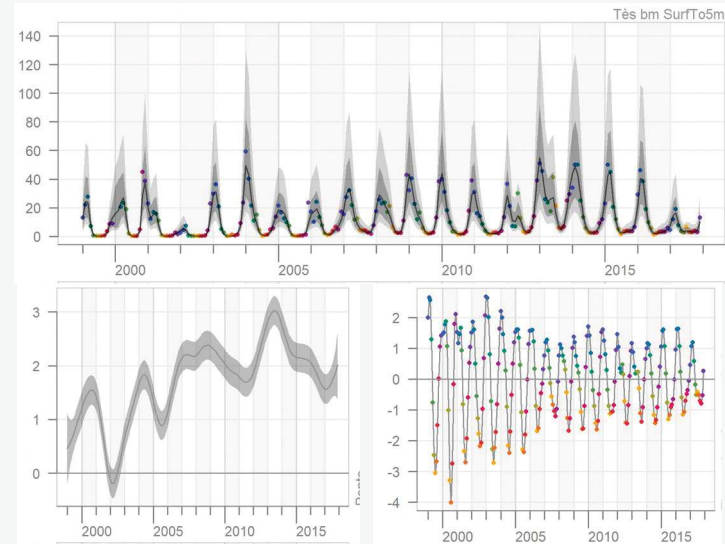
Analyses statistiques

Pour étudier les évolutions des nutriments

- Modèles Linéaires Dynamiques (DLMs)
- Ne nécessitent pas d'harmonisation des données
- Tendances d'évolution
- Saisonnalité changeante

Pour étudier l'influence des forçages

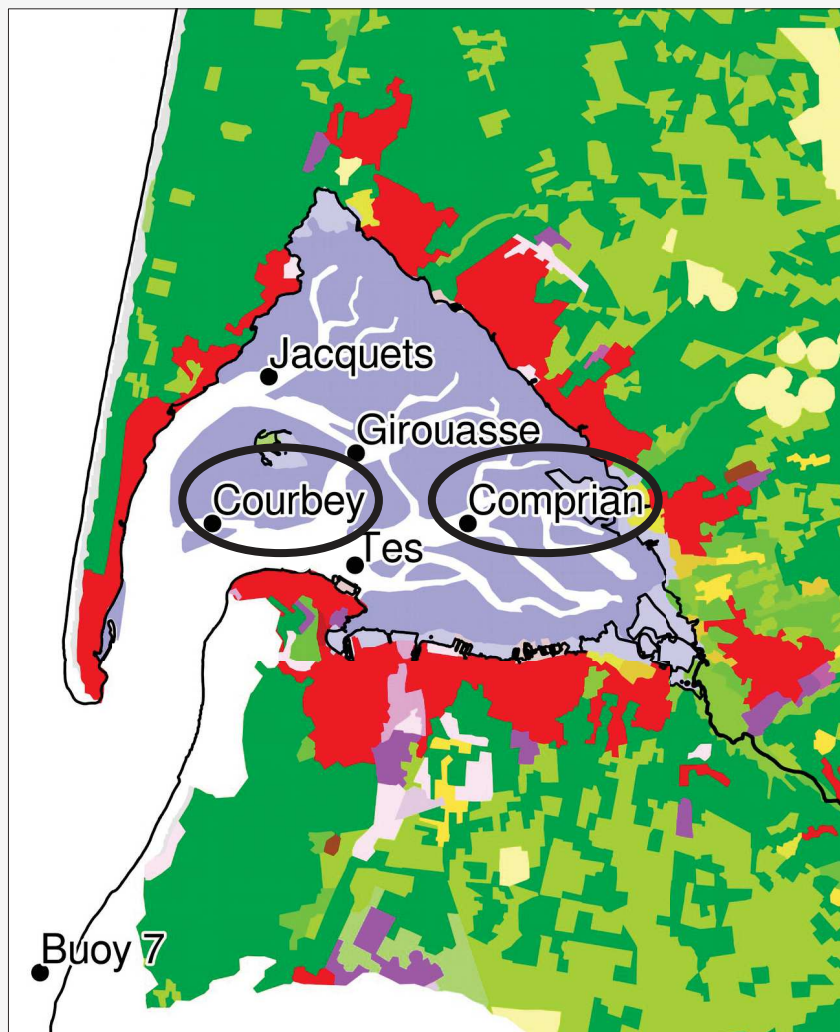
- Corrélations
- Tests de tendance
- Modèles PLS-PM



Nutriments

Dans la suite de la présentation :

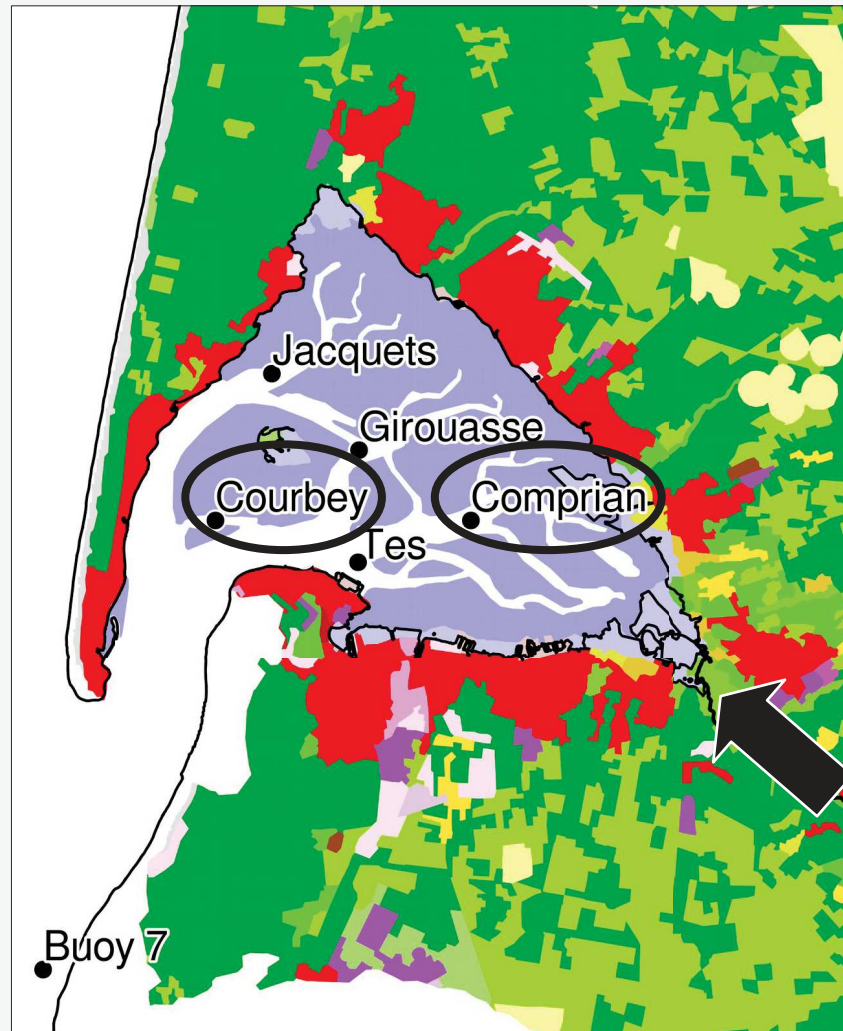
- 2 stations
- Comprian BM
- Courbey PM



Nutriments

Dans la suite de la présentation :

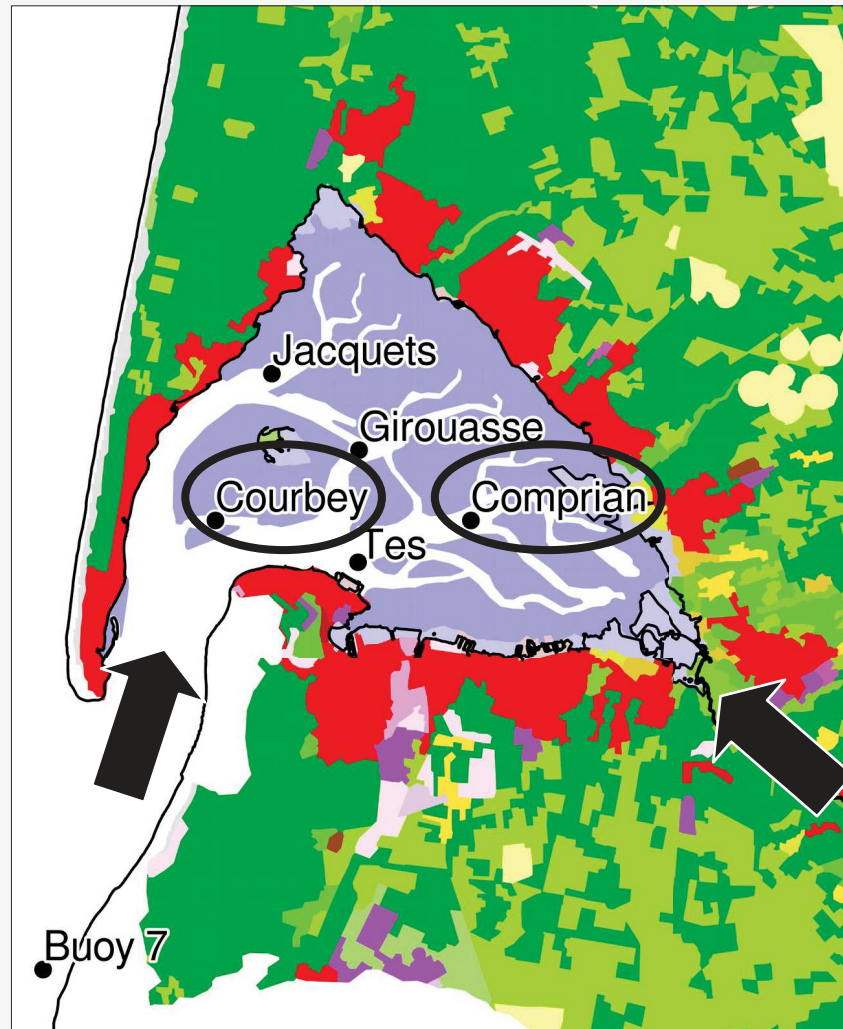
- 2 stations
- Comprian BM
- Courbey PM



Nutriments

Dans la suite de la présentation :

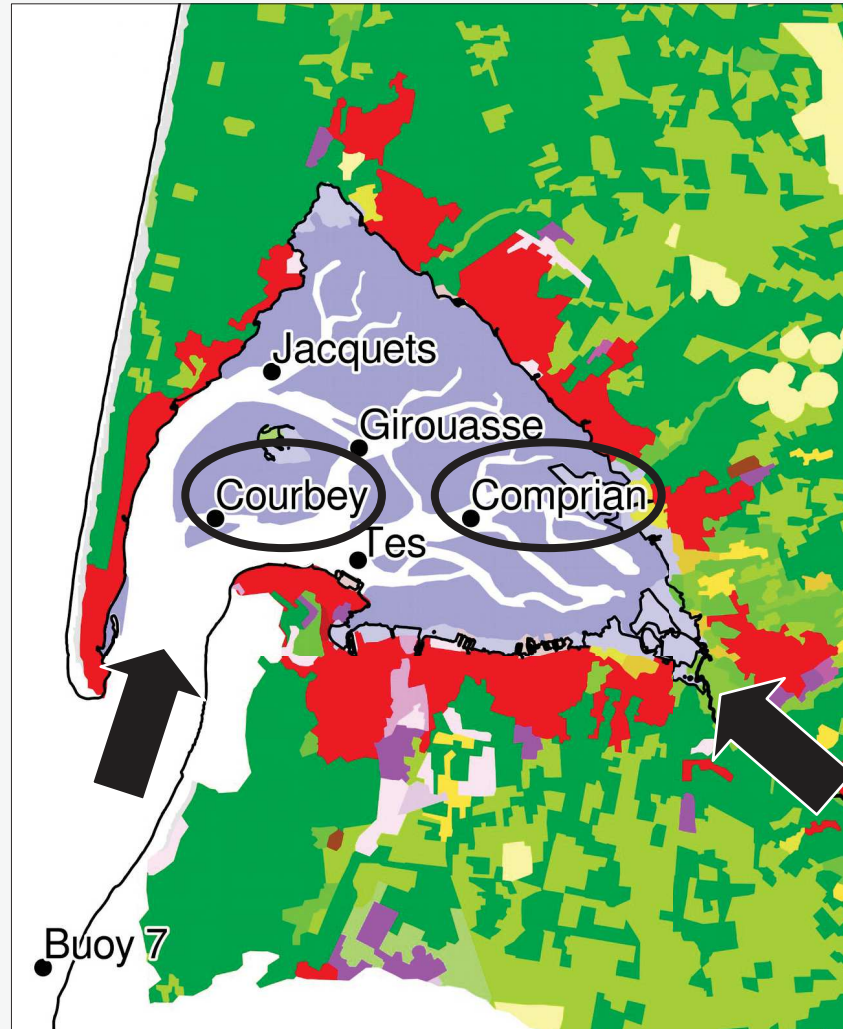
- 2 stations
- Comprian BM
- Courbey PM



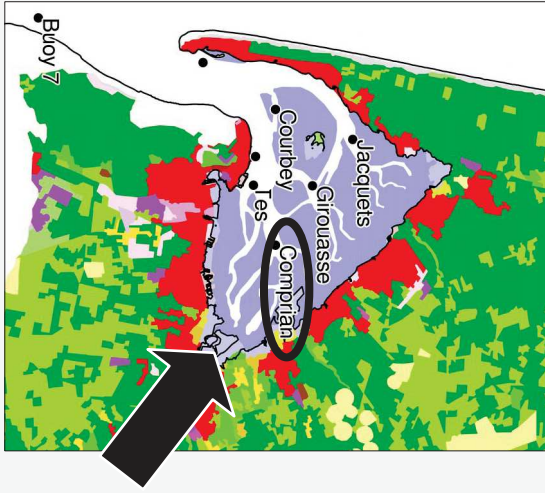
Nutriments

Dans la suite de la présentation :

- 2 stations
 - Comprian BM
 - Courbey PM
- 2 nutriments
 - $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$
 - PO_4^{3-}



Conclusion



Nutriments

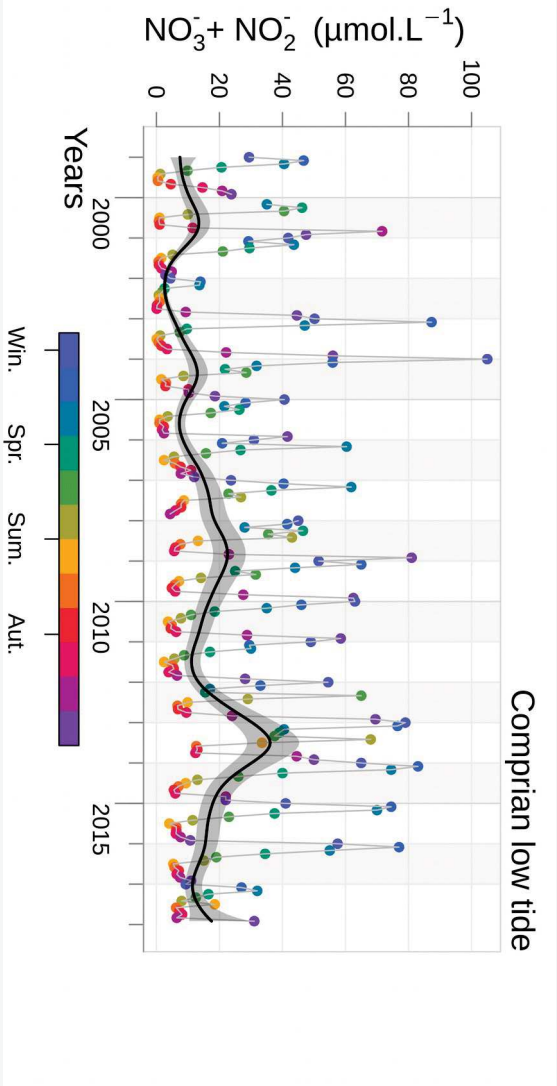
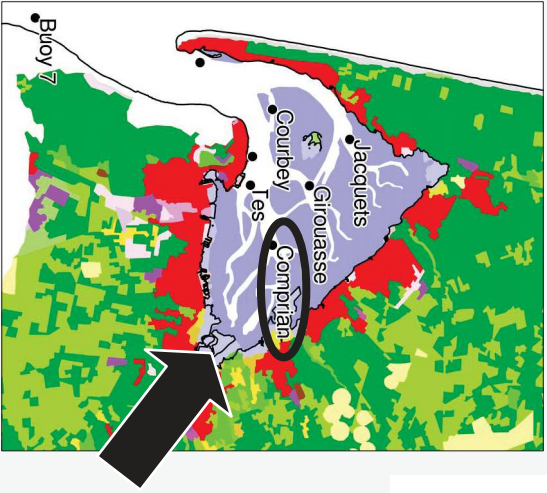
Results

Material

Introduction

Conclusion

Nutriments



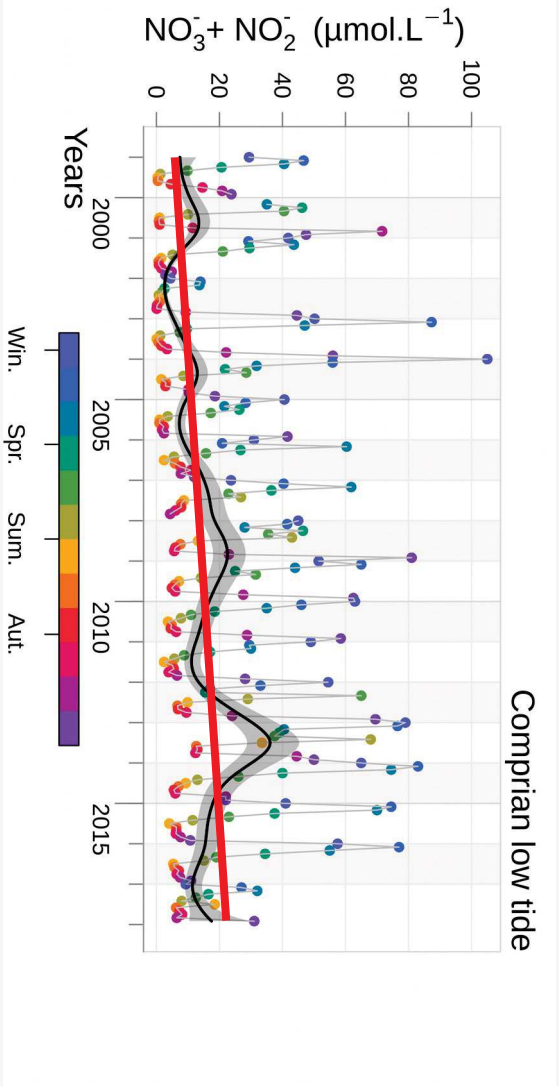
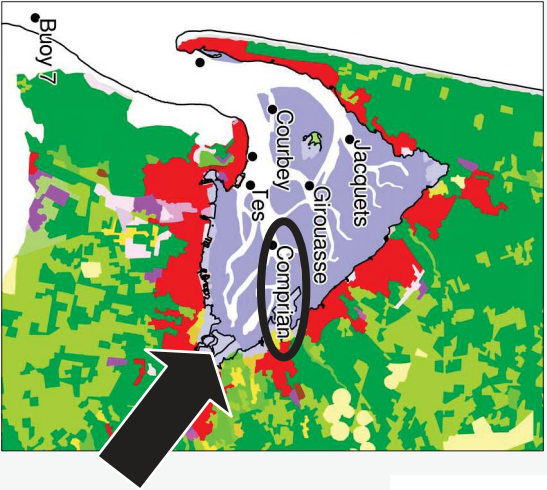
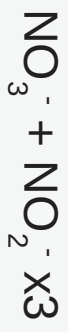
Results

Material

Introduction

Conclusion

Nutriments



Results

Material

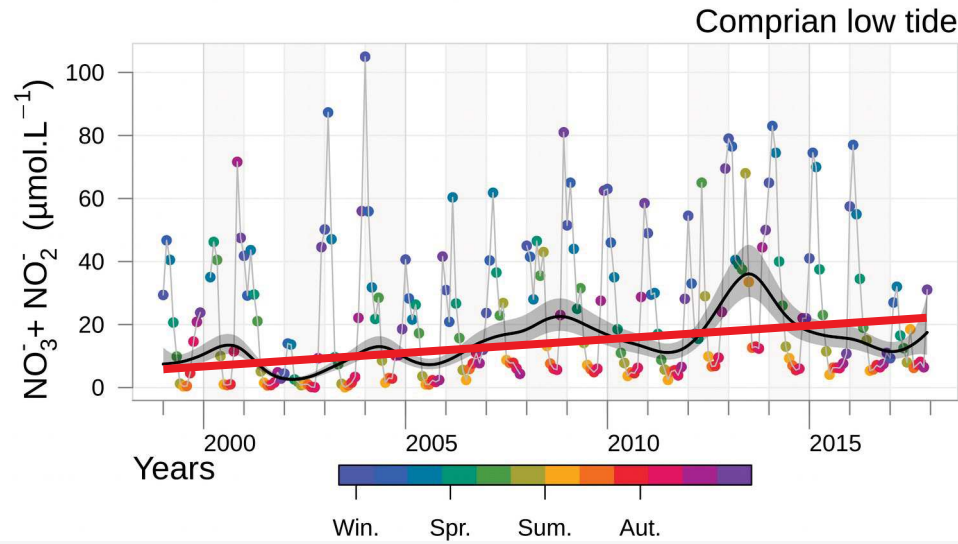
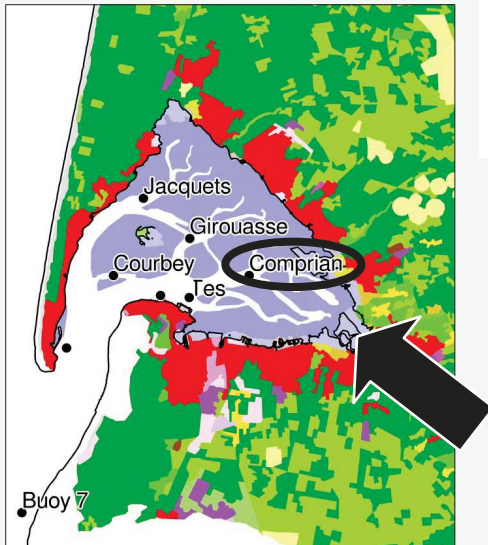
Introduction

Nutriments

$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \times 3$

$\text{NH}_4^+ \times 2.4$

$\text{Si(OH)}_4 \times 2.2$

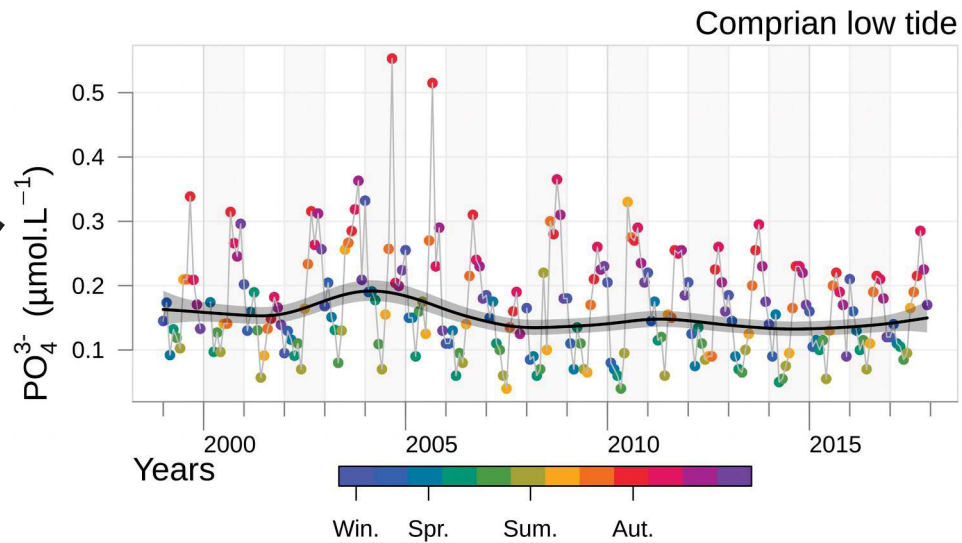
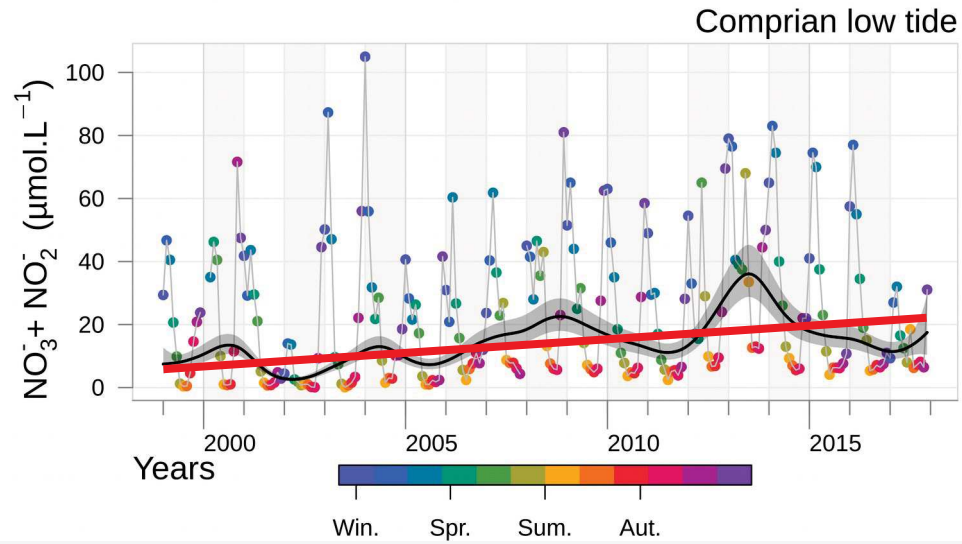
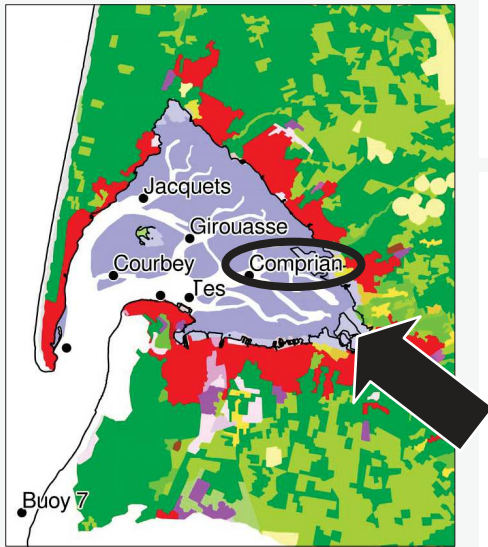


Nutriments

$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \times 3$

$\text{NH}_4^+ \times 2.4$

$\text{Si(OH)}_4 \times 2.2$

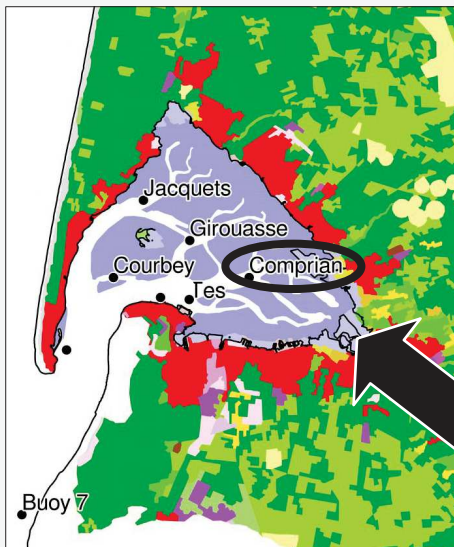


Nutriments

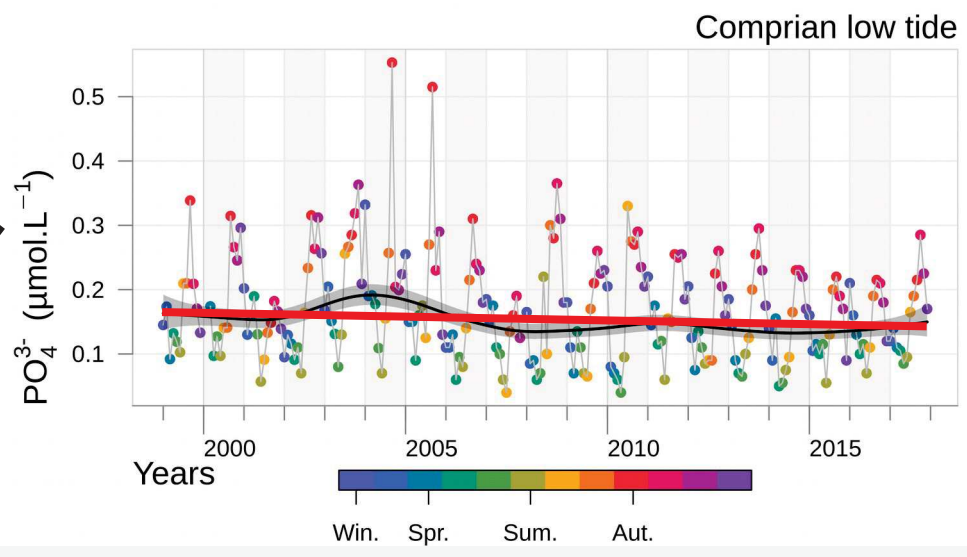
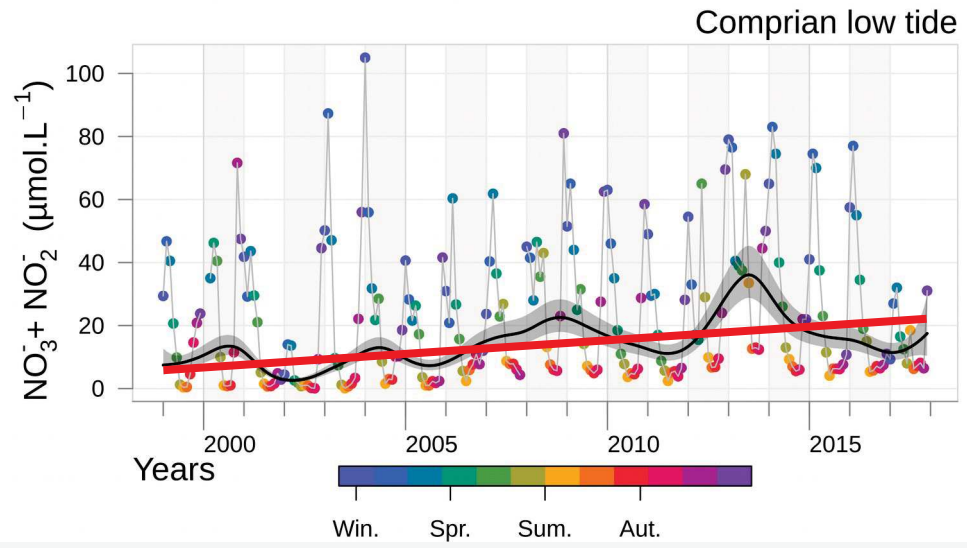
$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \times 3$

$\text{NH}_4^+ \times 2.4$

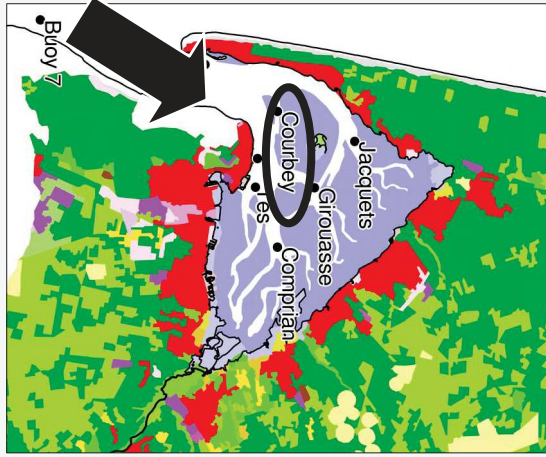
$\text{Si}(\text{OH})_4 \times 2.2$



$\text{PO}_4^{3-} / 1.5$



Conclusion



Nutriments

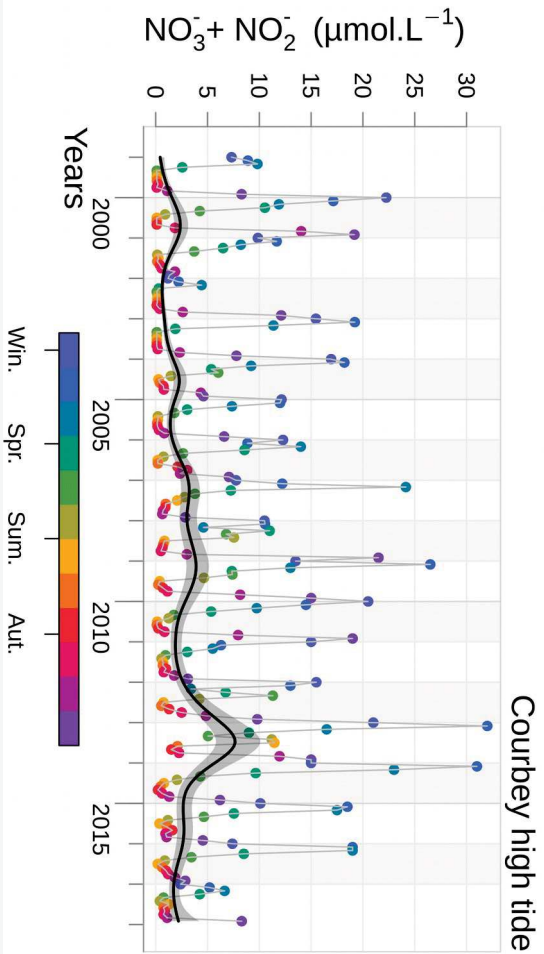
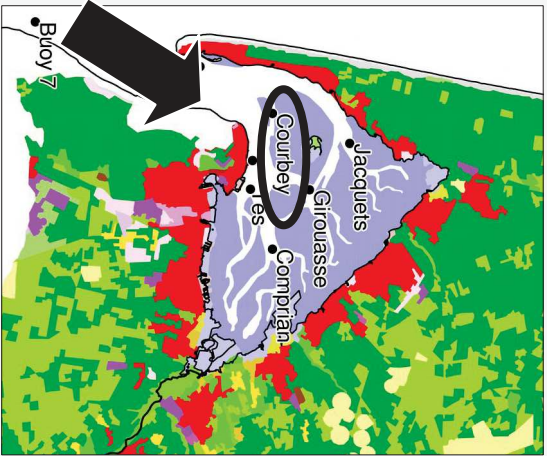
Results

Material

Introduction

Conclusion

Nutriments



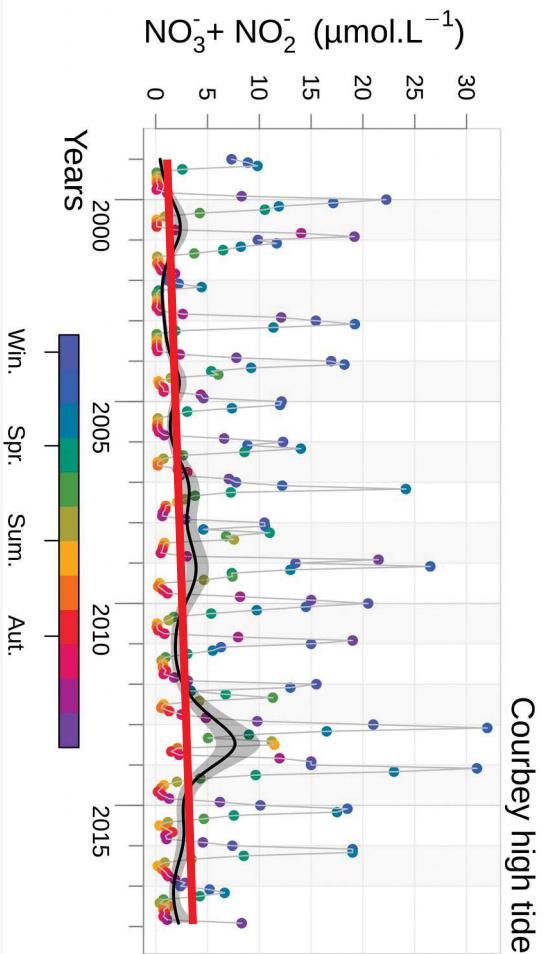
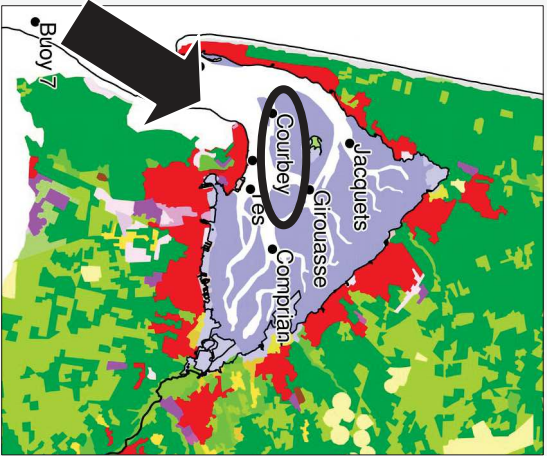
Results

Material

Introduction

Conclusion

Nutriments



Results

Material

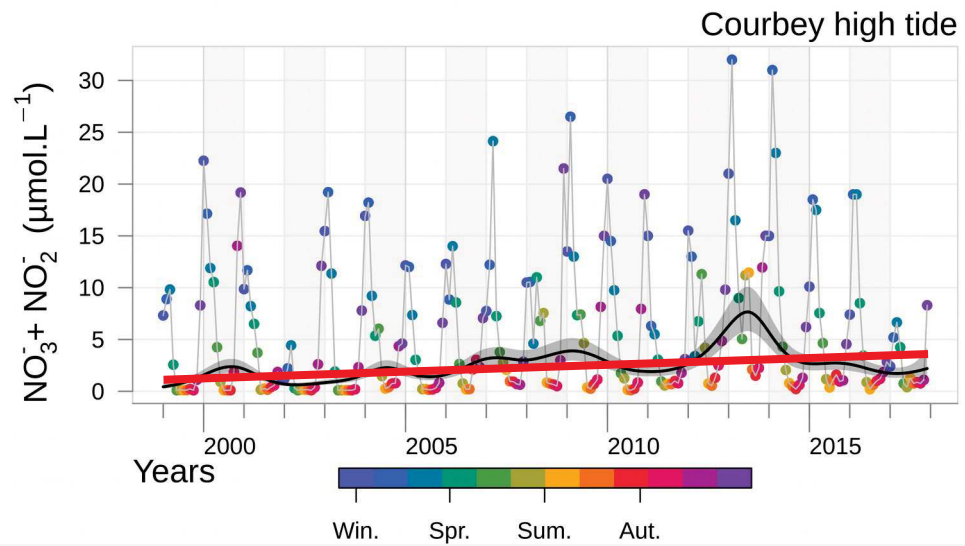
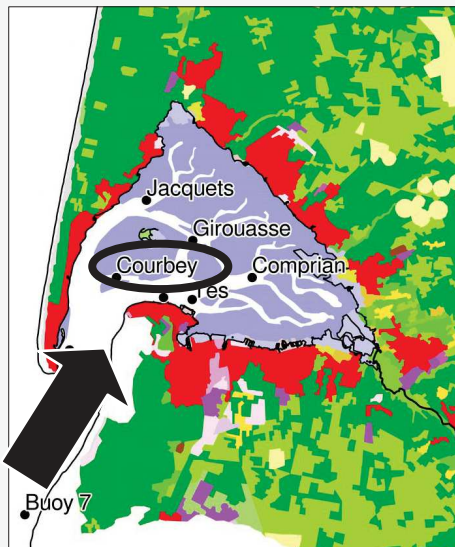
Introduction

Nutriments

$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \times 3.2$

$\text{NH}_4^+ \times 1.6$

$\text{Si(OH)}_4 \times 1.4$

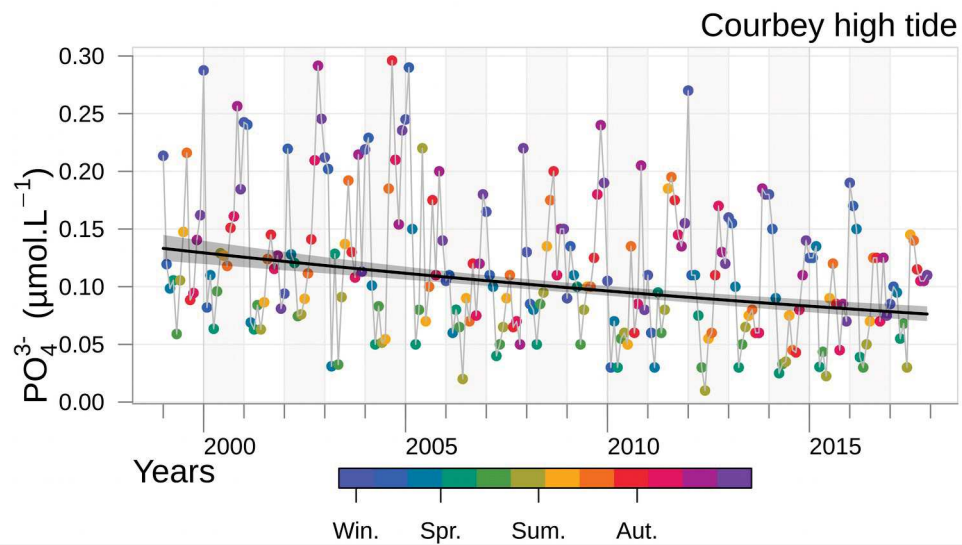
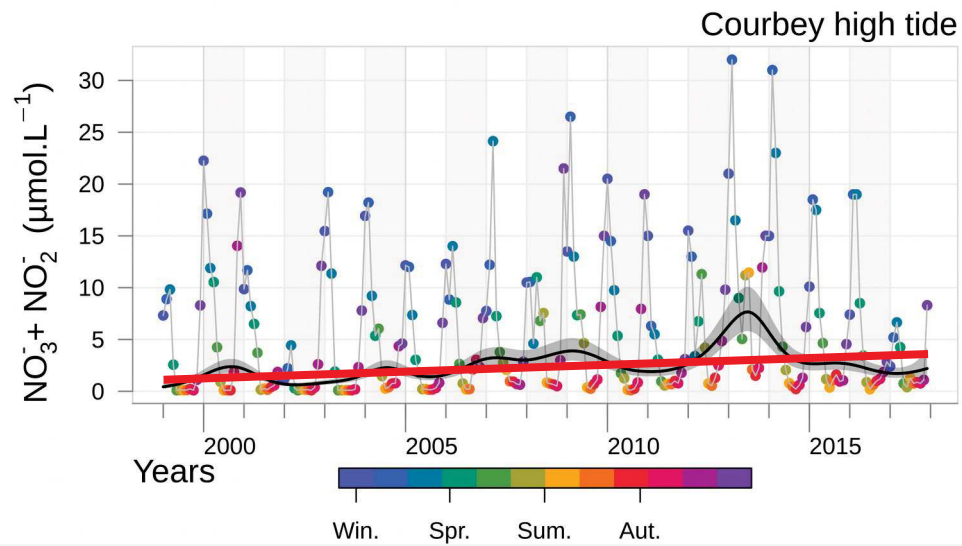
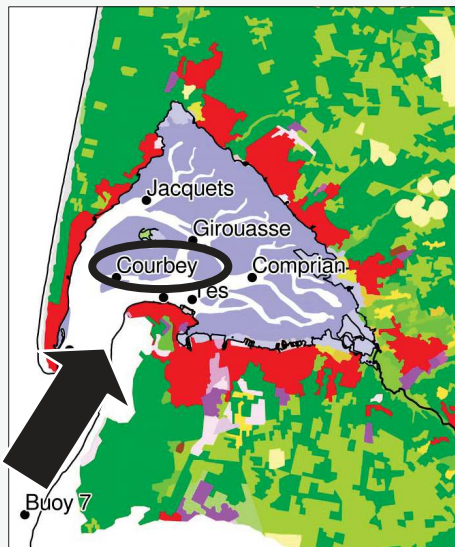


Nutriments

$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \times 3.2$

$\text{NH}_4^+ \times 1.6$

$\text{Si(OH)}_4 \times 1.4$

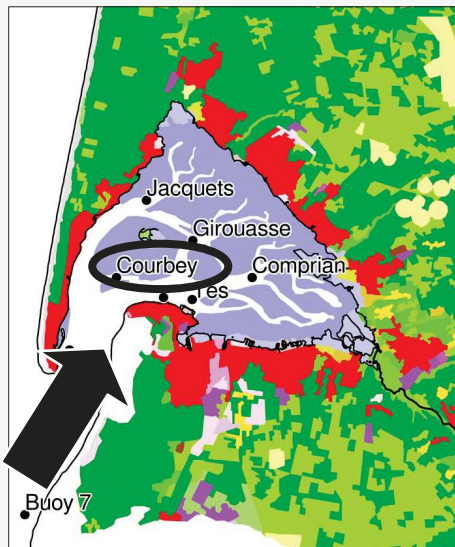


Nutriments

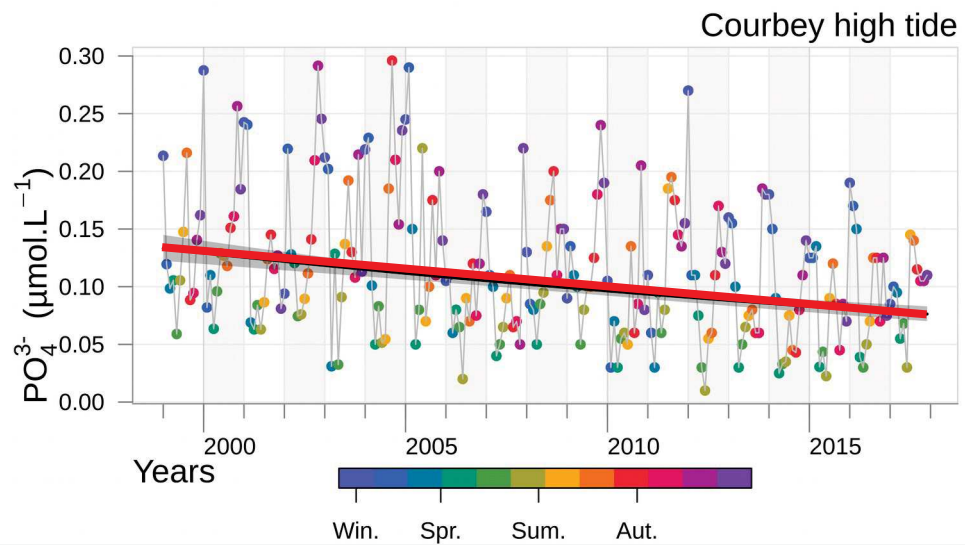
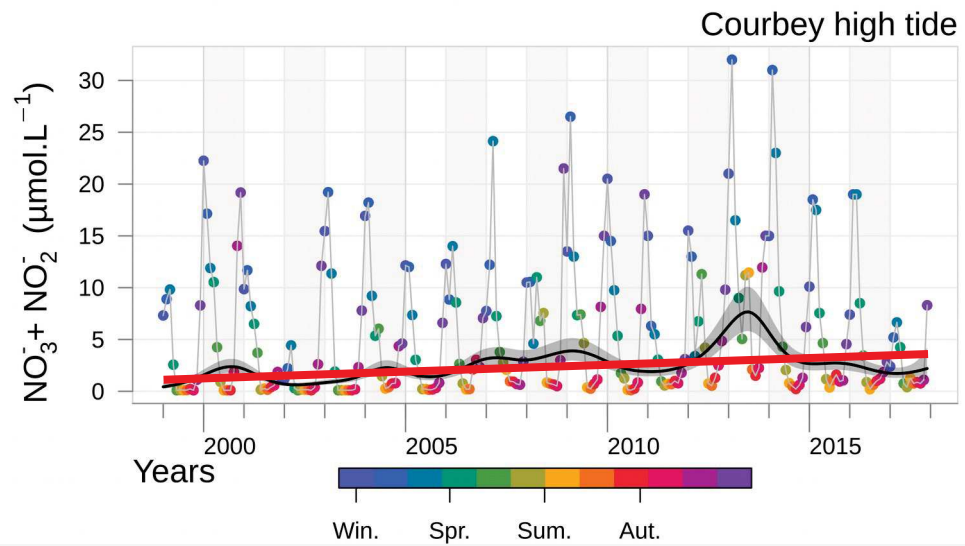
$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \times 3.2$

$\text{NH}_4^+ \times 1.6$

$\text{Si(OH)}_4 \times 1.4$



$\text{PO}_4^{3-} / 2$



Nutriments : tendances

	Comprian		Tès		Girouasse		Jacquets		Courbey		Buoy 7	
	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM
NH ₄ ⁺	x2	x2	x2.5	<x2	x3	x2	x4	x2.5	x2	<x2	<x2	<x2
NO _x	x3	x4	x5	x3	x4.5	x5	x4	x3.5	x3	x3	<x2	<x2
PO ₄ ³⁻	/1.5	/1.5	/1.5	/2	/1.7	/1.7	ns	/1.7	/2	/2	/2	/1.7
Si(OH) ₄	x2	<x2	<x2	ns	<x2	<x2	x2	<x2	<x2	<x2	<x2	ns



Augmentation significative

Diminution significative

Evolution non significatif

Conclusion

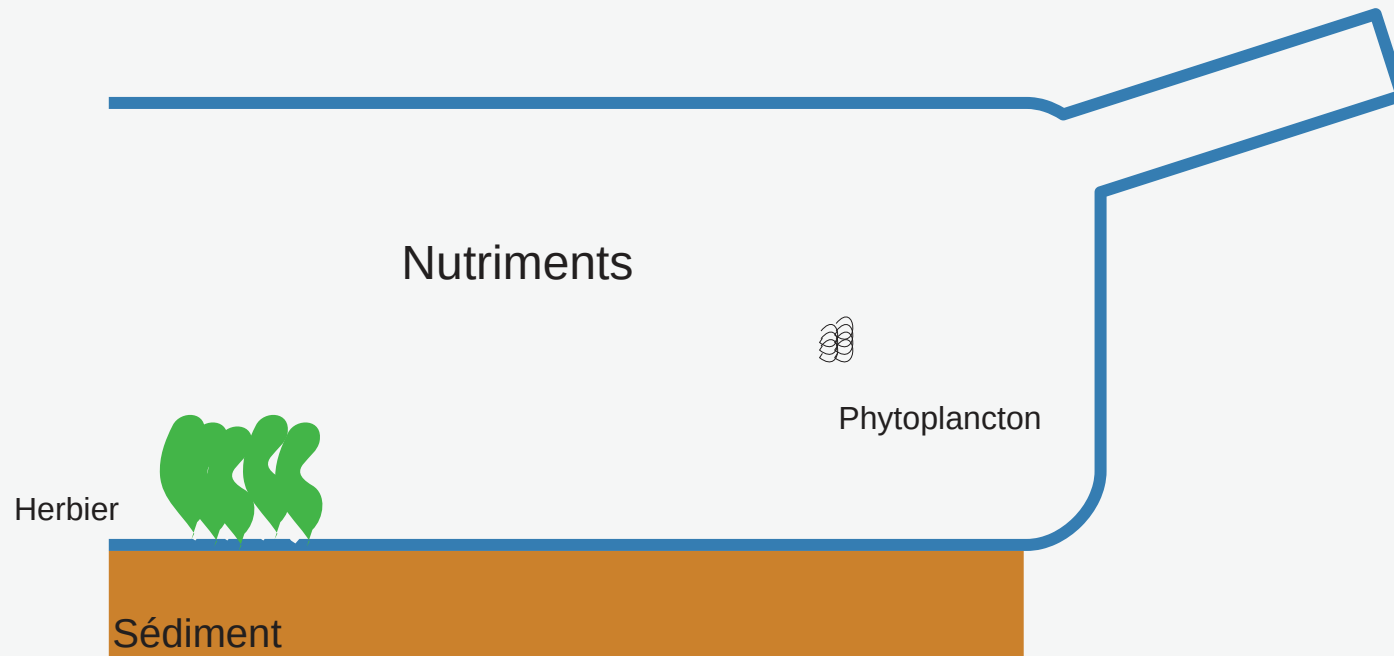
Results

Material

Introduction

Hypothèses: schéma conceptuel

Conclusion



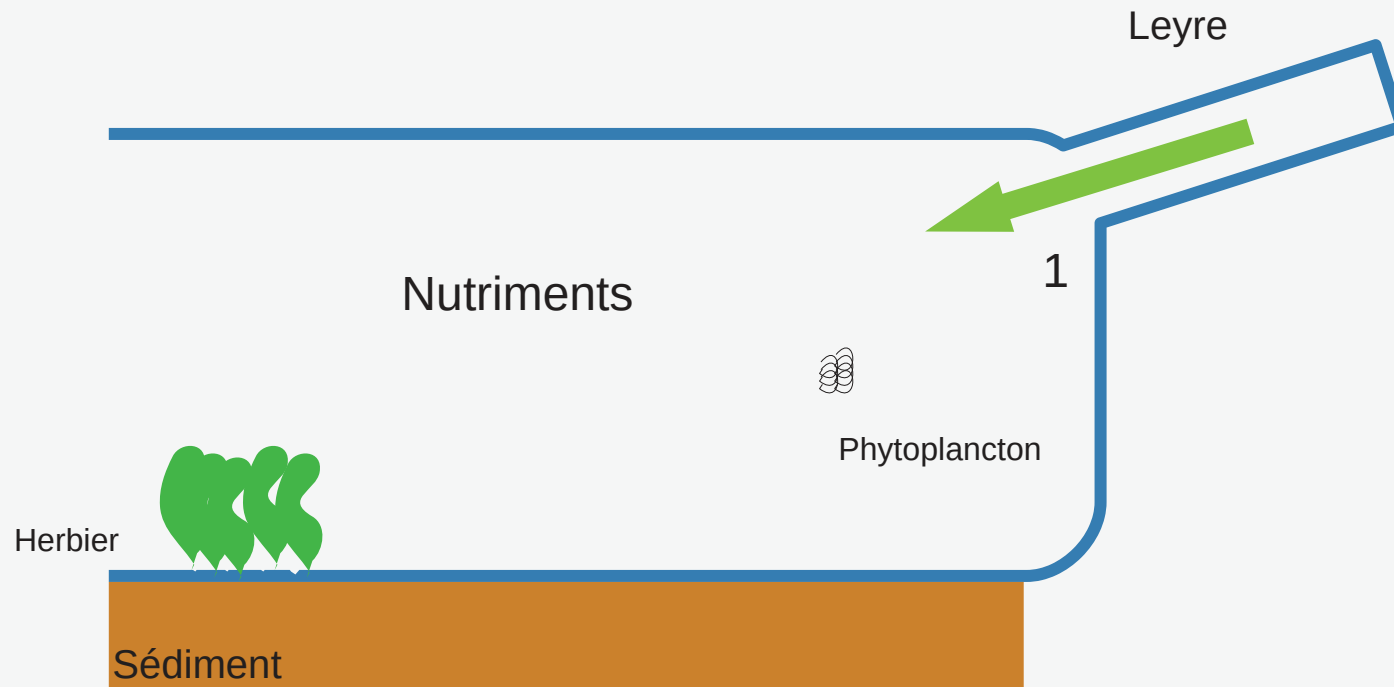
Results

Material

Introduction

Hypothèses: schéma conceptuel

Conclusion



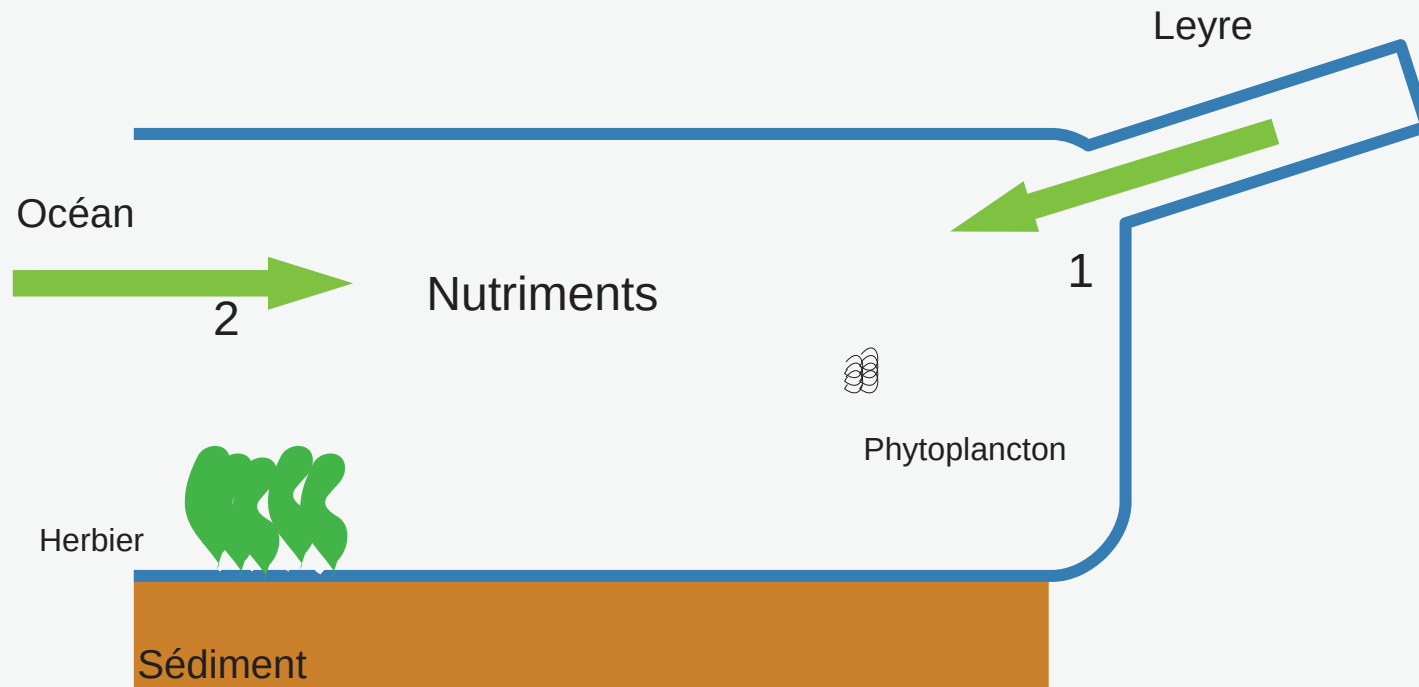
Results

Material

Introduction

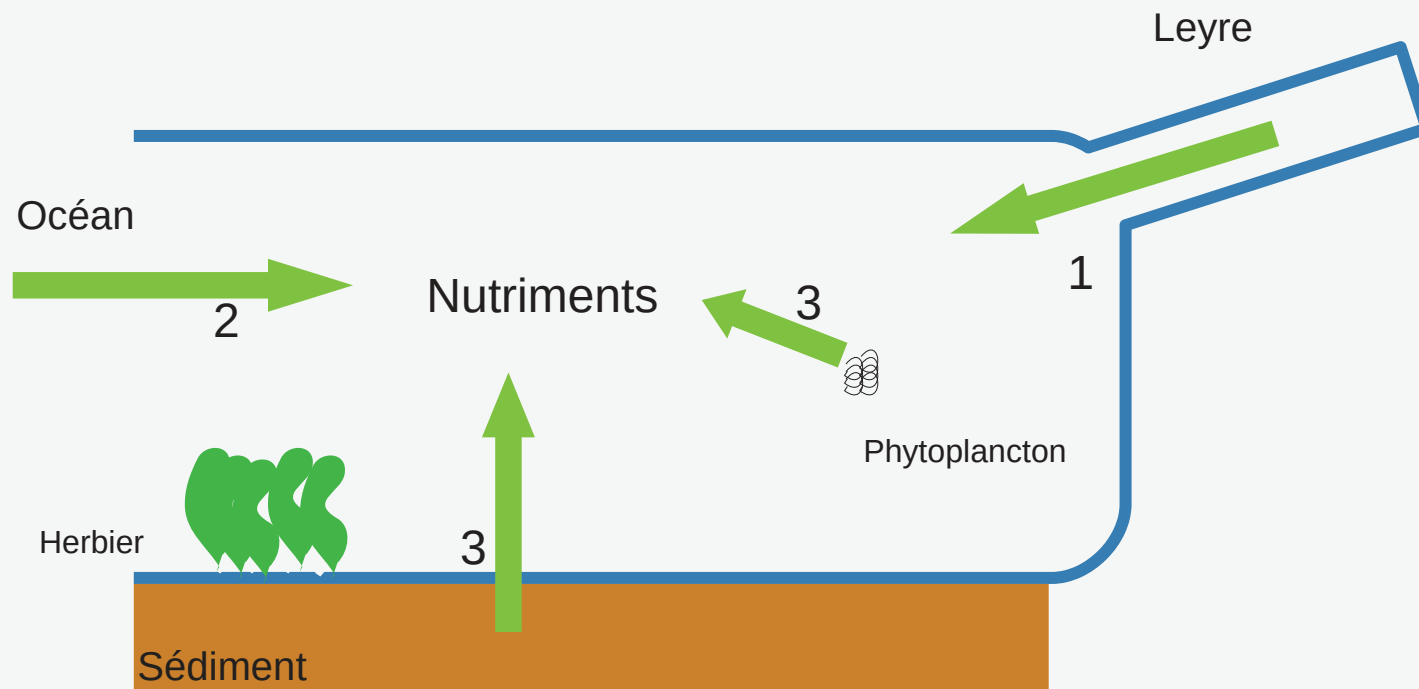
Hypothèses: schéma conceptuel

Conclusion



Results
Material
Introduction

Hypothèses: schéma conceptuel



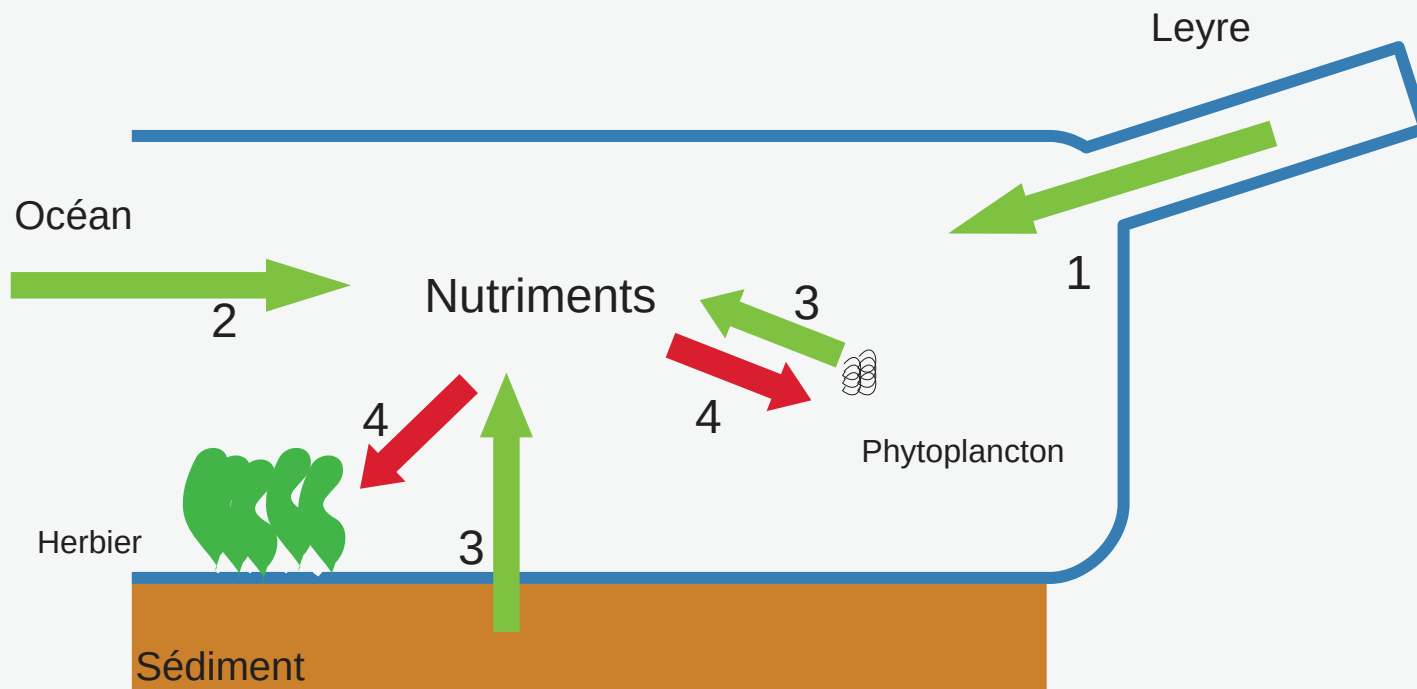
Conclusion

Results

Material

Introduction

Hypothèses: schéma conceptuel



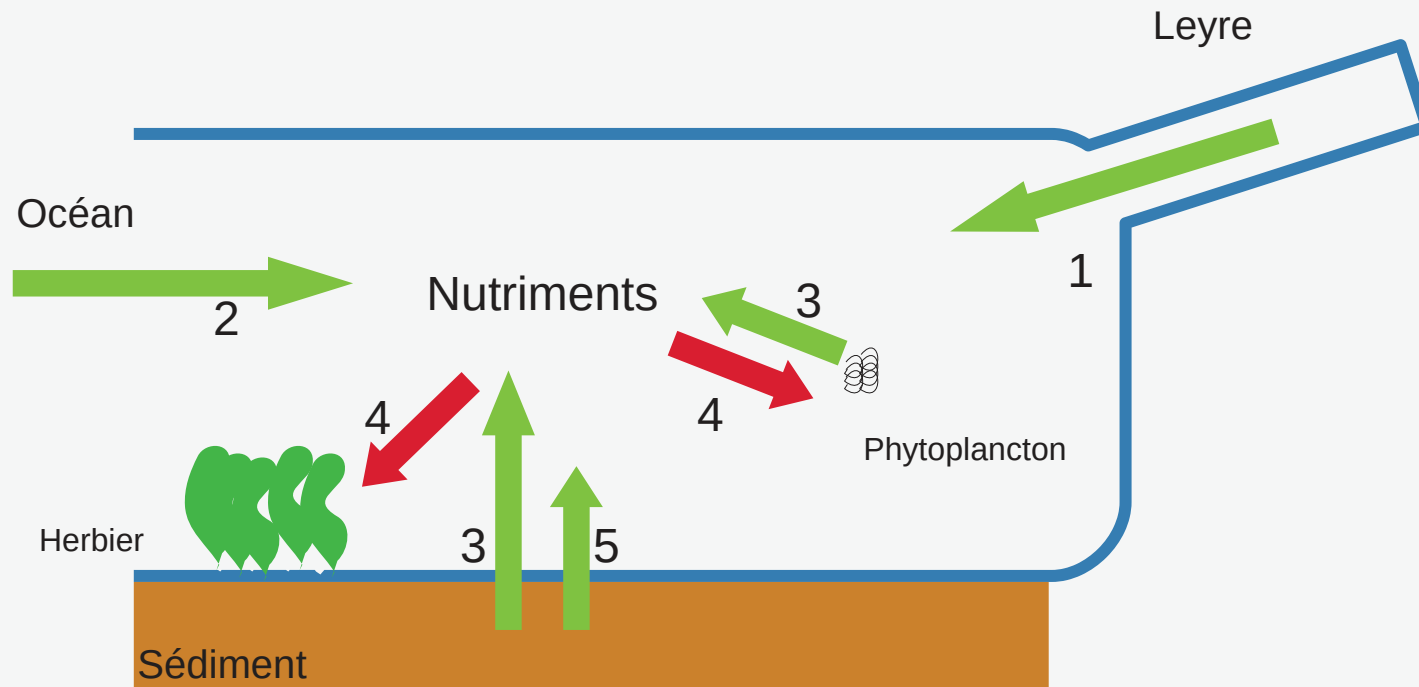
Conclusion

Results

Material

Introduction

Hypothèses: schéma conceptuel



Conclusion

Results

Material

Introduction

Hypothèses

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				

Conclusion

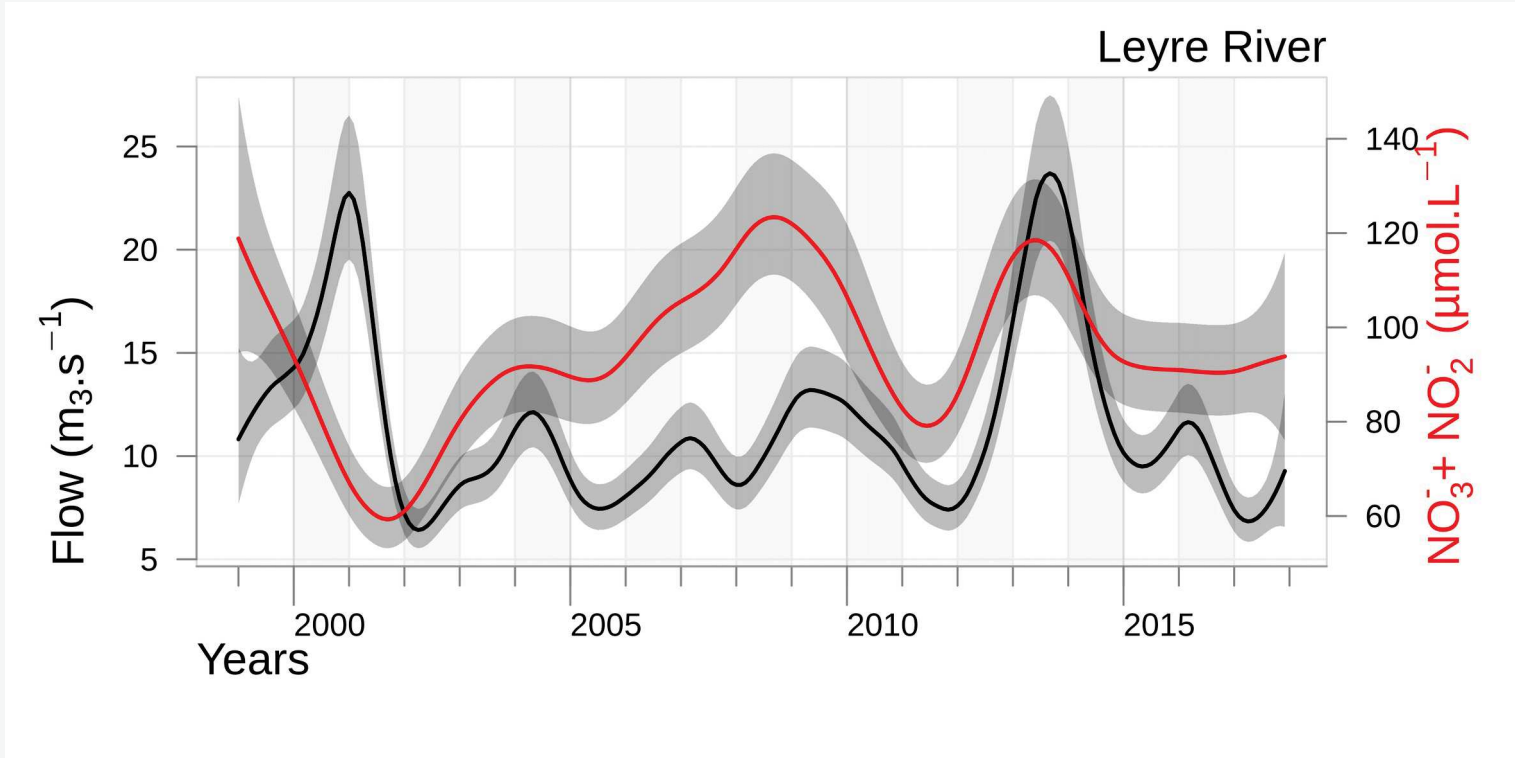
Results

Material

Introduction

Hypothèse 1 : La Leyre

Pas de changements significatifs du débit ou des concentrations en N



Conclusion

Results

Material

Introduction

Hypothèse 1: La Leyre

Conclusion

	Comprian		Tès		Girouasse		Jacquets		Courbey		Buoy 7		Leyre
	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	
NH ₄ ⁺	x2	x2	x2.5	<x2	x3	x2	x4	x2.5	x2	<x2	<x2	<x2	ns
NO _x	x3	x4	x5	x3	x4.5	x5	x4	x3.5	x3	x3	<x2	<x2	ns
PO ₄ ³⁻	/1.5	/1.5	/1.5	/2	/1.7	/1.7	ns	/1.7	/2	/2	/2	/1.7	
Si(OH) ₄	x2	<x2	<x2	ns	<x2	<x2	x2	<x2	<x2	<x2	<x2	ns	
Débits													ns
Salinité	+1.4	+1.5	+1	+1.5	+1.2	+1.5	+2	+1.4	+1	+1.4	+0.6	+0.6	

Results

Material

Introduction

Hypothèses

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				

Conclusion

Results

Material

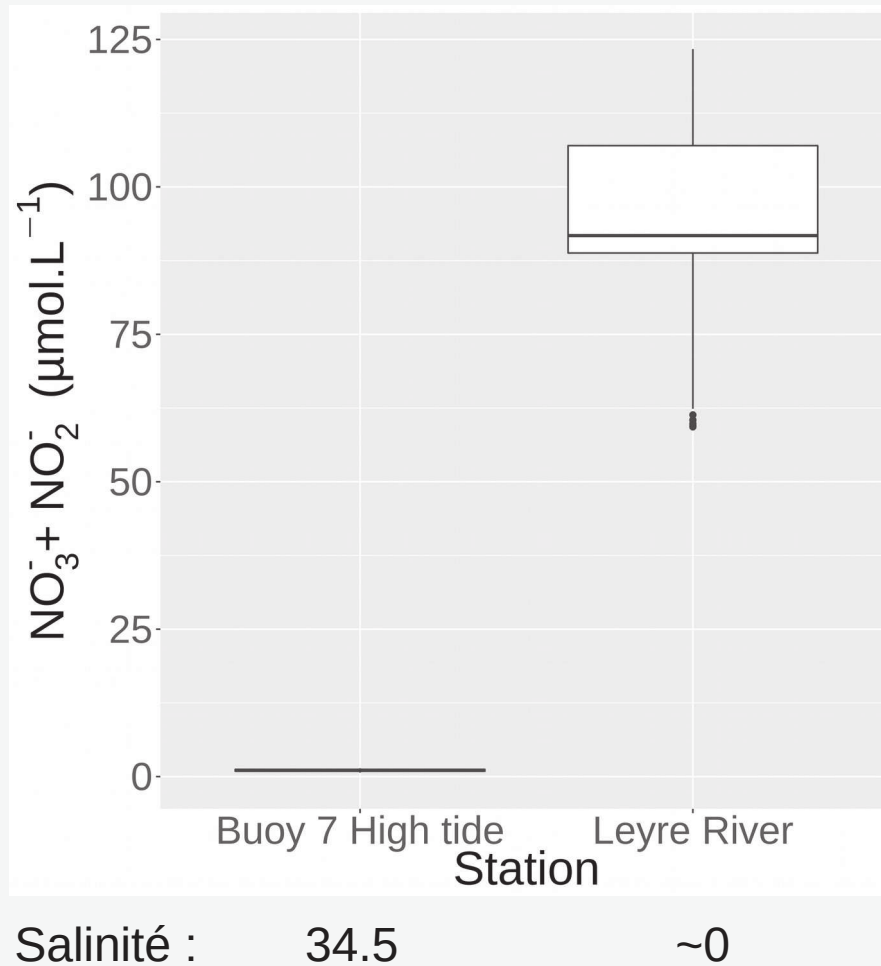
Introduction

Hypothèses

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan				

Hypothèse 2 : L'océan

Les eaux continentales sont plus concentrées



Hypothèse 2: L'océan

Conclusion

	Comprian		Tès		Girouasse		Jacquets		Courbey		Buoy 7		Leyr e
	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	
NH ₄ ⁺	x2	x2	x2.5	<x2	x3	x2	x4	x2.5	x2	<x2	<x2	<x2	ns
NO _x	x3	x4	x5	x3	x4.5	x5	x4	x3.5	x3	x3	<x2	<x2	ns
PO ₄ ³⁻	/1.5	/1.5	/1.5	/2	/1.7	/1.7	ns	/1.7	/2	/2	/2	/1.7	
Si(OH) ₄	x2	<x2	<x2	ns	<x2	<x2	x2	<x2	<x2	<x2	<x2	ns	
Débits													ns
Salinité	+1.4	+1.5	+1	+1.5	+1.2	+1.5	+2	+1.4	+1	+1.4	+0.6	+0.6	

Results

Material

Introduction

Hypothèses

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan				


Conclusion

Results

Material

Introduction

Hypothèses

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan				
H3 : Processus de reminéralisation				

Conclusion

Results

Material

Introduction

Hypothèse 3: Reminéralisation

	Comprian		Tès		Girouasse		Jacquets		Courbey		Buoy 7		Leyr e
	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	
NH ₄ ⁺	x2	x2	x2.5	<x2	x3	x2	x4	x2.5	x2	<x2	<x2	<x2	ns
NO _x	x3	x4	x5	x3	x4.5	x5	x4	x3.5	x3	x3	<x2	<x2	ns
PO ₄ ³⁻	/1.5	/1.5	/1.5	/2	/1.7	/1.7	ns	/1.7	/2	/2	/2	/1.7	
Si(OH) ₄	x2	<x2	<x2	ns	<x2	<x2	x2	<x2	<x2	<x2	<x2	ns	
Débits													ns
Salinité	+1.4	+1.5	+1	+1.5	+1.2	+1.5	+2	+1.4	+1	+1.4	+0.6	+0.6	
Temp	+0.4	+0.3	+0.4	+0.3	+0.5	+0.2	+0.3	ns	ns	ns	+0.3	ns	

Conclusion

Results

Material

Introduction

La reminéralisation peut être accélérée par une augmentation de la température de l'eau

Hypothèses

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan			↘	
H3 : Processus de reminéralisation	↗	↗		↗

Conclusion

Results

Material

Introduction

Hypothèses

Conclusion

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan			↘	
H3 : Processus de reminéralisation	↗	↗		↗
H4a : Consommation par le phytoplancton				

Results

Material

Introduction

Hypothèse 4a: Consommation par le phytoplancton

Conclusion

	Comprian		Tès		Girouasse		Jacquets		Courbey		Buoy 7		Leyre
	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	
NH ₄ ⁺	x2	x2	x2.5	<x2	x3	x2	x4	x2.5	x2	<x2	<x2	<x2	ns
NO _x	x3	x4	x5	x3	x4.5	x5	x4	x3.5	x3	x3	<x2	<x2	ns
PO ₄ ³⁻	/1.5	/1.5	/1.5	/2	/1.7	/1.7	ns	/1.7	/2	/2	/2	/1.7	
Si(OH) ₄	x2	<x2	<x2	ns	<x2	<x2	x2	<x2	<x2	<x2	<x2	ns	
Débits													ns
Salinité	+1.4	+1.5	+1	+1.5	+1.2	+1.5	+2	+1.4	+1	+1.4	+0.6	+0.6	
Temp	+0.4	+0.3	+0.4	+0.3	+0.5	+0.2	+0.3	ns	ns	ns	+0.3	ns	
Chlorophyll e-a	x2	ns	x1.4	x1.2	x1.4	/1.2	x1.3	ns	ns	x1.1	x1.1	x1.2	

Results

Material

Introduction

Hypothèses

Conclusion

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan			↘	
H3 : Processus de reminéralisation	↗	↗		↗
H4a : Consommation par le phytoplankton			↘	

Results

Material

Introduction

Hypothèses

Conclusion

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan			↘	
H3 : Processus de reminéralisation	↗	↗		↗
H4a : Consommation par le phytoplankton			↘	
H4b : Consommation par l'herbier				

Results

Material

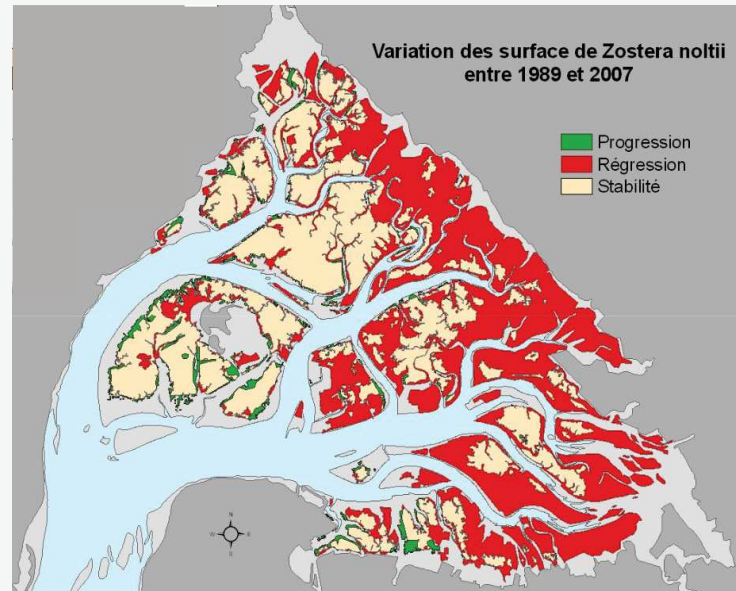
Introduction

Hypothèse 4b: Herbier de zostères

L'herbier à diminuer entre 1989-2009 avec une accélération depuis 2005 (Plus et al 2010).

Perte = 33% (22.8 km²) *Zostera noltei*

Moins de consommation



Variation de la surface des *Zostera noltei* adapté à partir de Dalloyau et al. (2009)

Hypothèses

Conclusion

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan			↘	
H3 : Processus de reminéralisation	↗	↗		↗
H4a : Consommation par le phytoplankton			↘	
H4b : Consommation par l'herbier	↗	↗		↗

Results

Material

Introduction

Hypothèses

Conclusion

	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan			↘	
H3 : Processus de reminéralisation	↗	↗		↗
H4a : Consommation par le phytoplankton			↘	
H4b : Consommation par l'herbier	↗	↗		↗
H5 : Advection benthique				

Results

Material

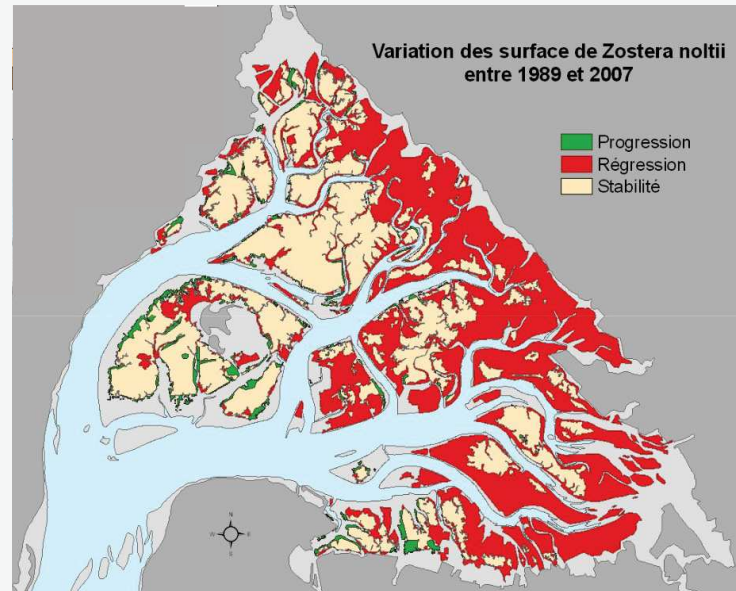
Introduction

Hypothèse 4b: Herbier de zostères

L'herbier à diminuer entre 1989-2009 avec une accélération depuis 2005 (Plus et al 2010).

Perte = 33% (22.8 km²) *Zostera noltei*

Moins de consommation



Variation de la surface des *Zostera noltei* adapté à partir de Dalloyau et al. (2009)

Hypothèse 4b: Herbière de zostères

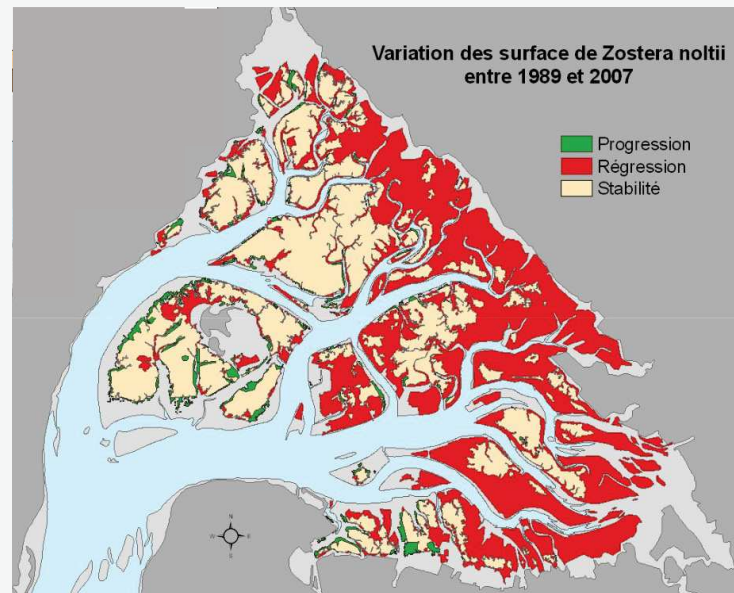
L'herbière a diminué entre 1989-2009 avec une accélération depuis 2005 (Plus et al 2010).

Perte = 33% (22.8 km²) *Zostera noltei*

Moins de consommation

Moins de stabilité sédimentaire

- Peut avoir augmenté le relargage des nutriments par le sédiment
- Donnant un apport significatif de P dans la colonne d'eau (Delgard et al 2013)



Variation de la surface des *Zostera noltei* adapté à partir de Dalloyau et al. (2009)

Hypothèse 5: Advection benthique

Conclusion

	Comprian		Tès		Girouasse		Jacquets		Courbey		Buoy 7		Leyre
	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	
NH ₄ ⁺	x2	x2	x2.5	<x2	x3	x2	x4	x2.5	x2	<x2	<x2	<x2	ns
NO _x	x3	x4	x5	x3	x4.5	x5	x4	x3.5	x3	x3	<x2	<x2	ns
PO ₄ ³⁻	/1.5	/1.5	/1.5	/2	/1.7	/1.7	ns	/1.7	/2	/2	/2	/1.7	
Si(OH) ₄	x2	<x2	<x2	ns	<x2	<x2	x2	<x2	<x2	<x2	<x2	ns	
Débits													ns
Salinité	+1.4	+1.5	+1	+1.5	+1.2	+1.5	+2	+1.4	+1	+1.4	+0.6	+0.6	
Temp	+0.4	+0.3	+0.4	+0.3	+0.5	+0.2	+0.3	ns	ns	ns	+0.3	ns	
Chlorophyll e-a	x2	ns	x1.4	x1.2	x1.4	/1.2	x1.3	ns	ns	x1.1	x1.1	x1.2	
MES	x1.6	ns	x1.6	ns	x2	ns	x1.8	ns	ns	ns	ns	x1.3	

Results

Material

Introduction

Hypothèses

Conclusion

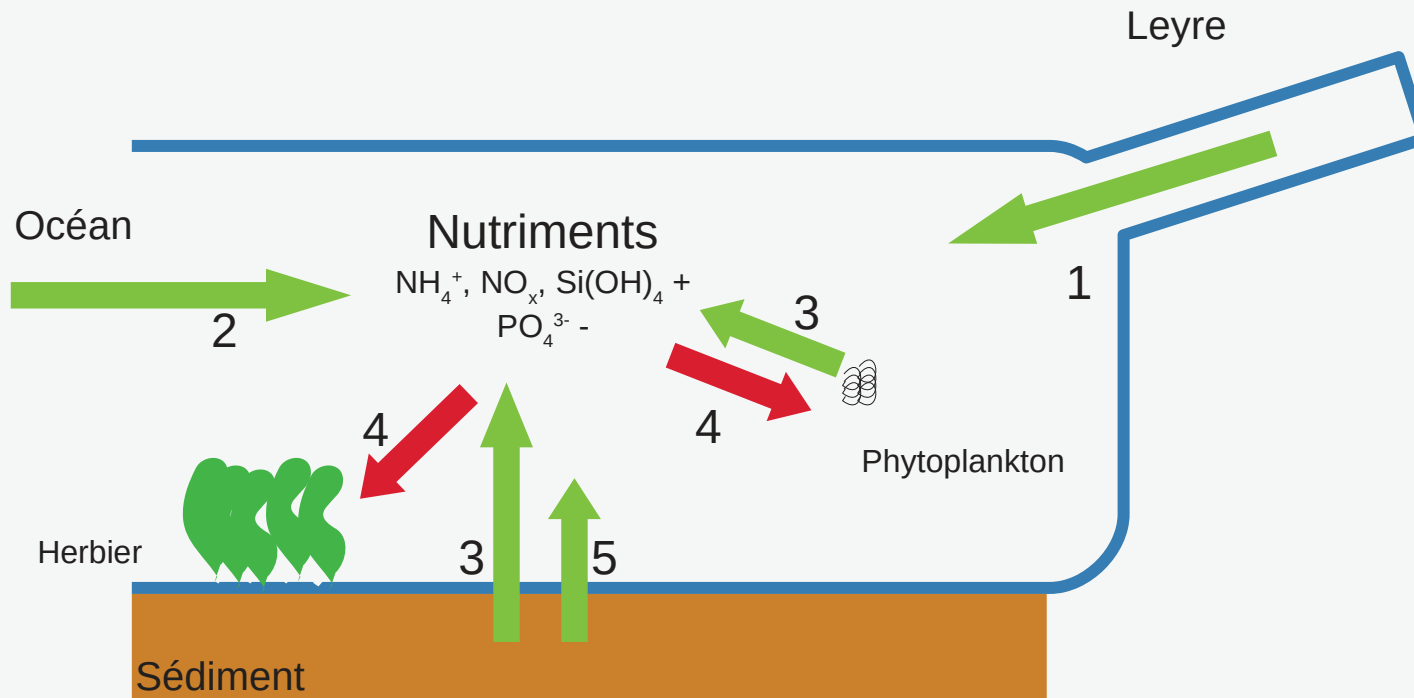
	NH_4^+	NO_x	PO_4^{3-}	Si(OH)_4
H1 : Apports de la Leyre				
H2 : Apports de l'océan			↘	
H3 : Processus de reminéralisation	↗	↗		↗
H4a : Consommation par le phytoplankton			↘	
H4b : Consommation par l'herbier	↗	↗		↗
H5 : Advection benthique	↗	↗		↗

Results

Material

Introduction

Explications évolutions des nutriments



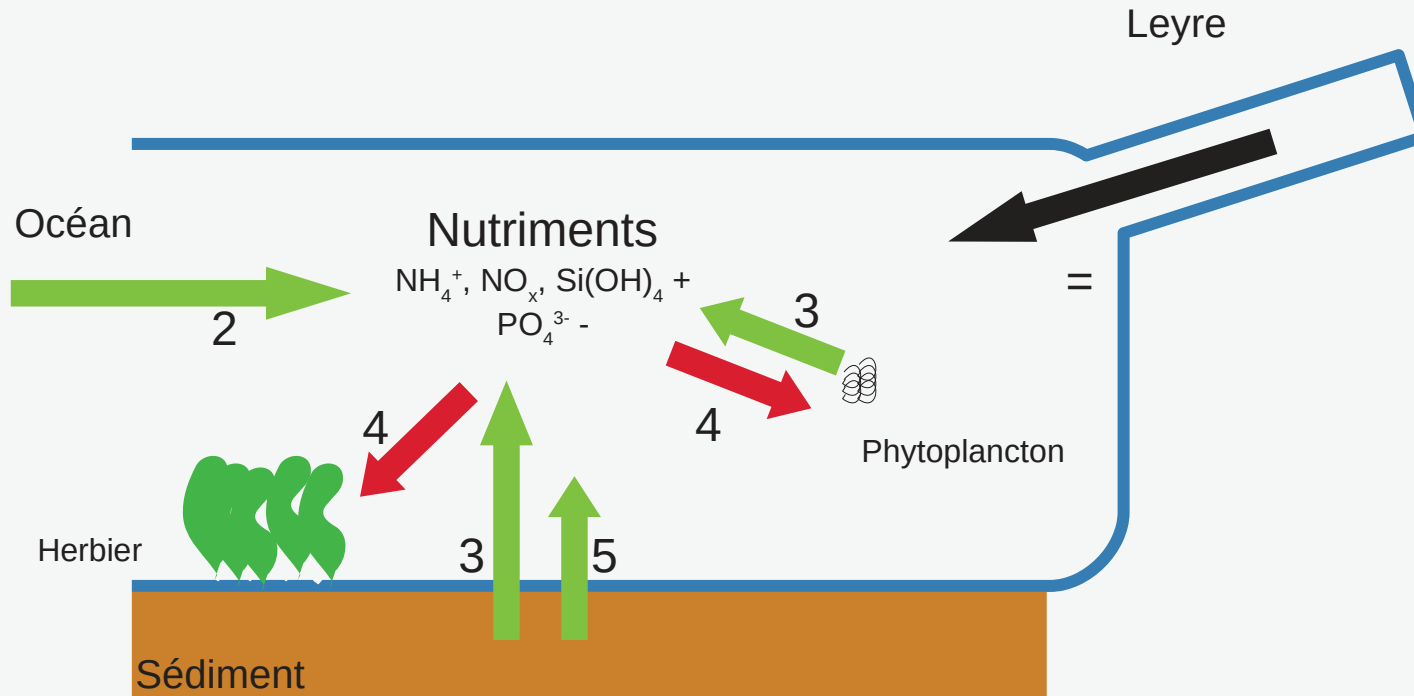
Conclusion

Results

Material

Introduction

Explications évolutions des nutriments



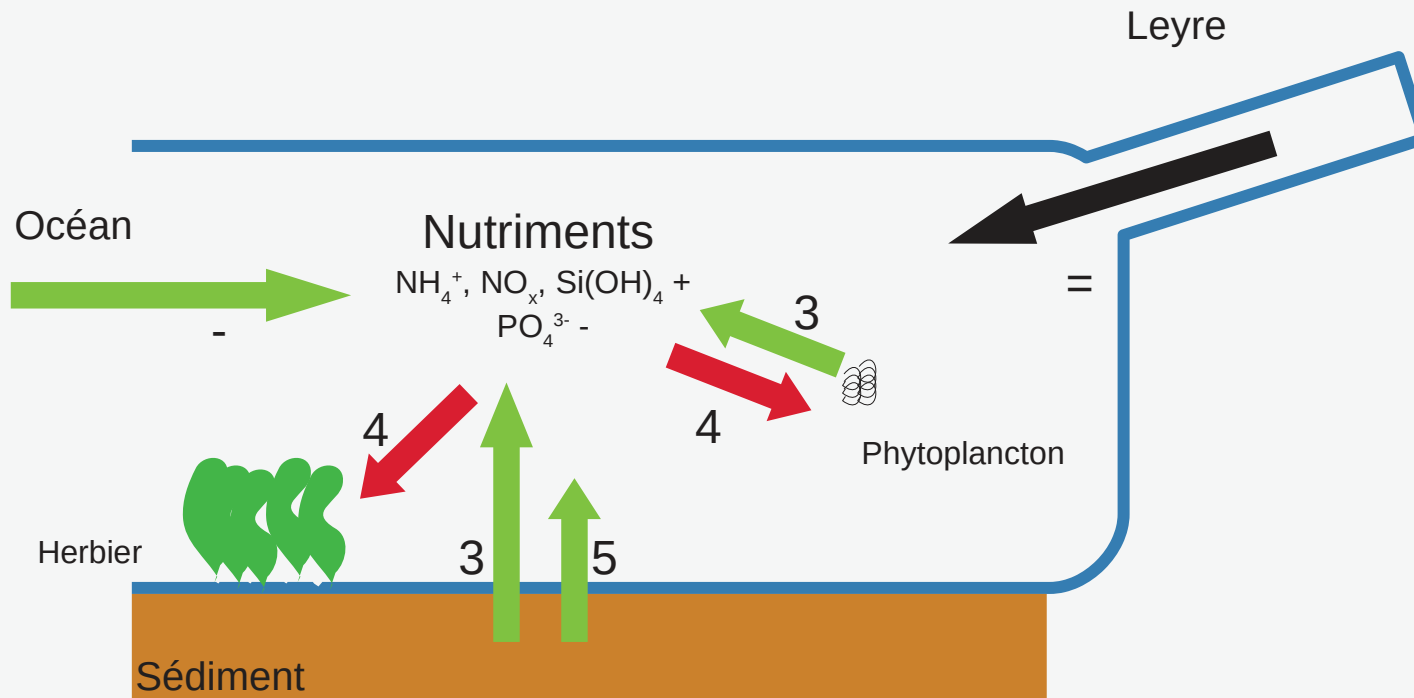
Conclusion

Results

Material

Introduction

Explications évolutions des nutriments



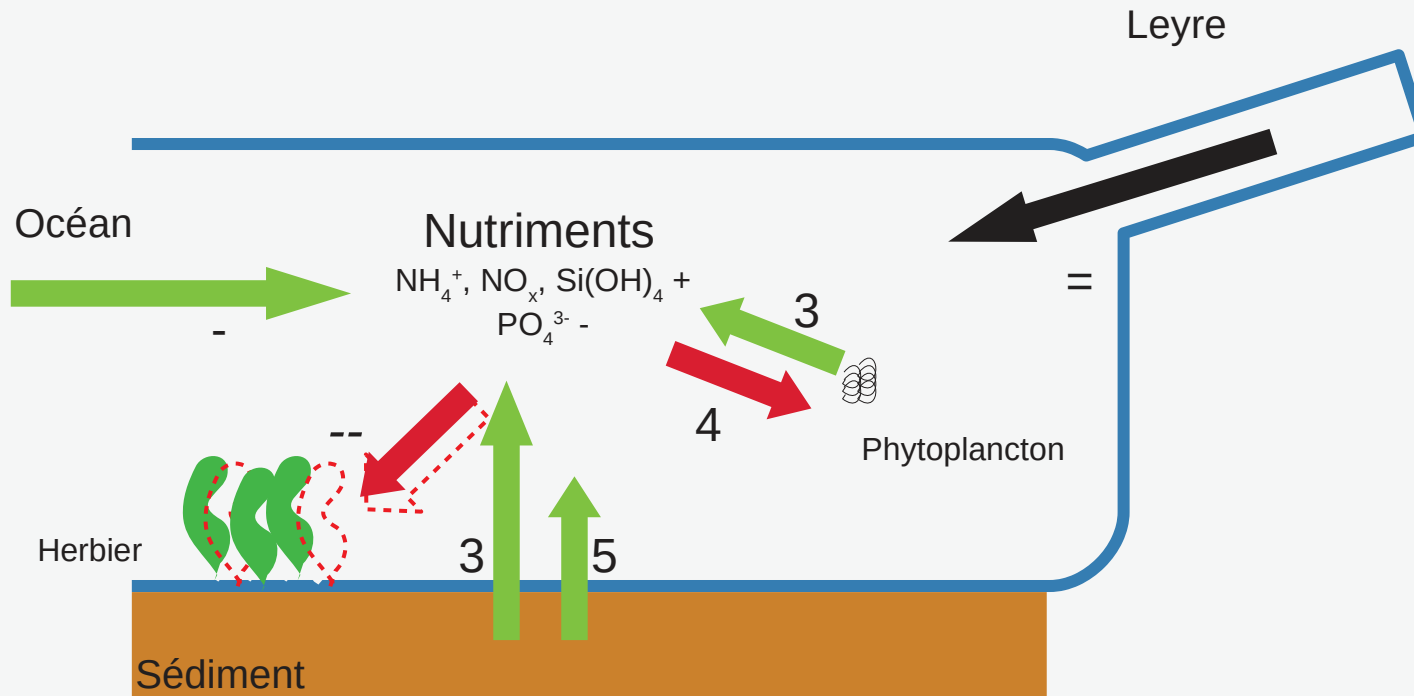
Conclusion

Results

Material

Introduction

Explications évolutions des nutriments



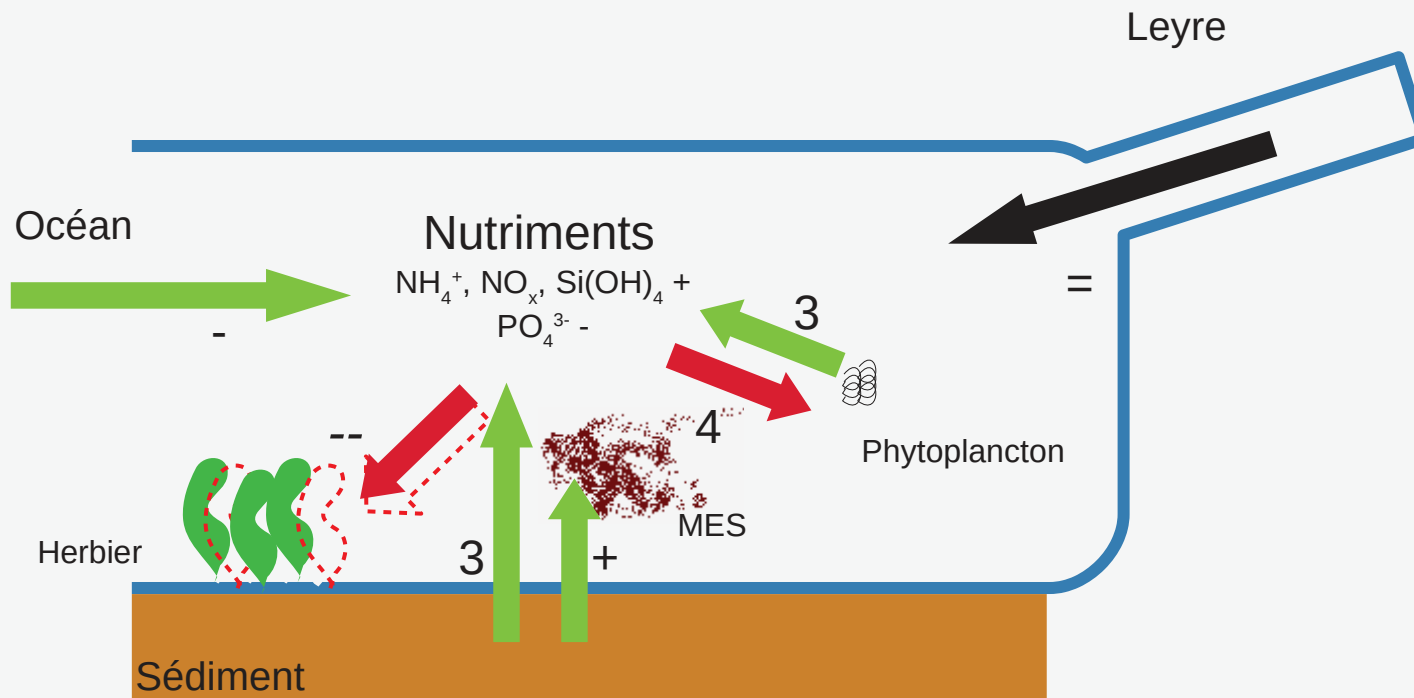
Conclusion

Results

Material

Introduction

Explications évolutions des nutriments



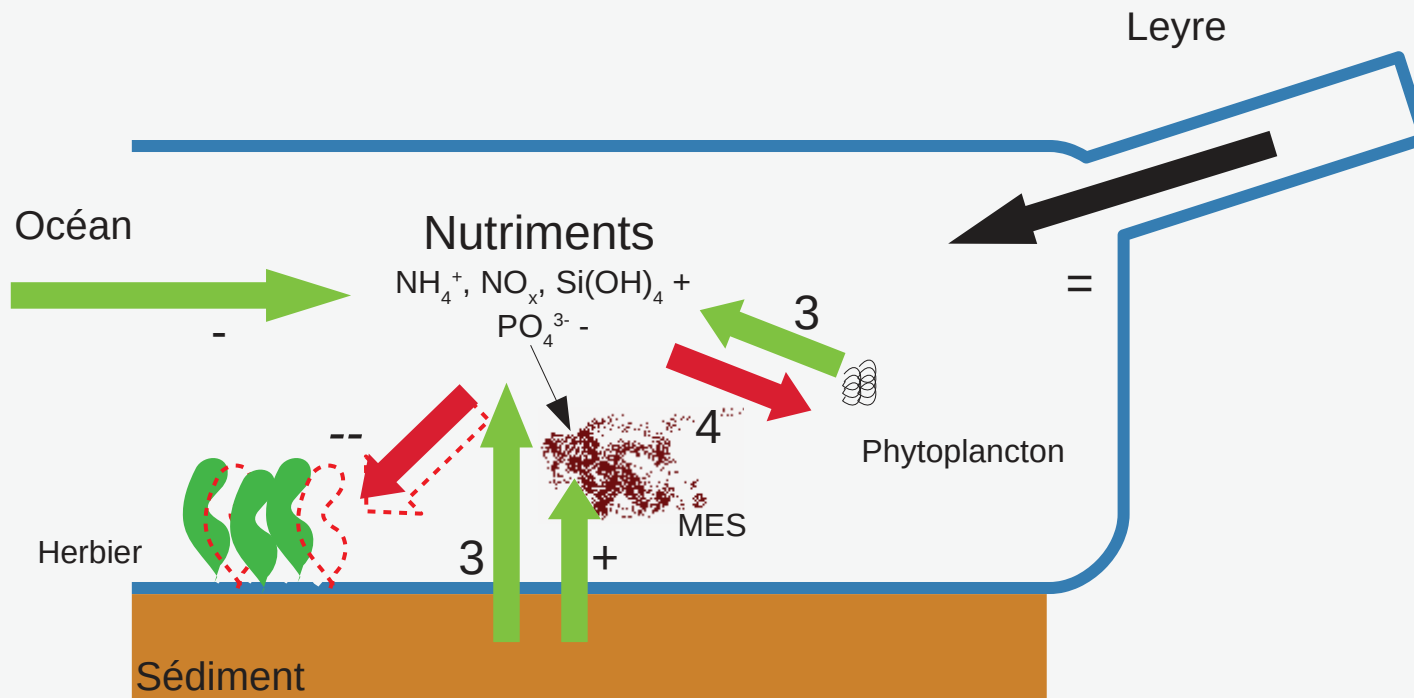
Conclusion

Results

Material

Introduction

Explications évolutions des nutriments



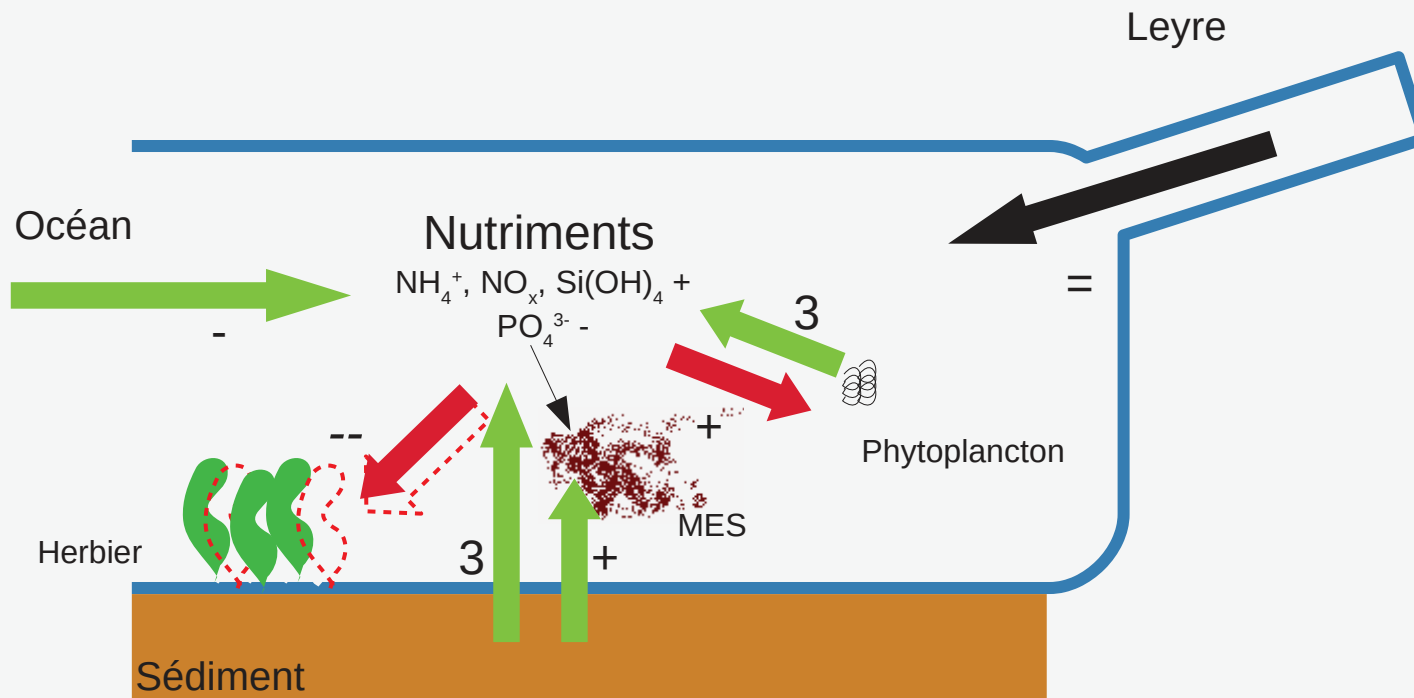
Conclusion

Results

Material

Introduction

Explications évolutions des nutriments



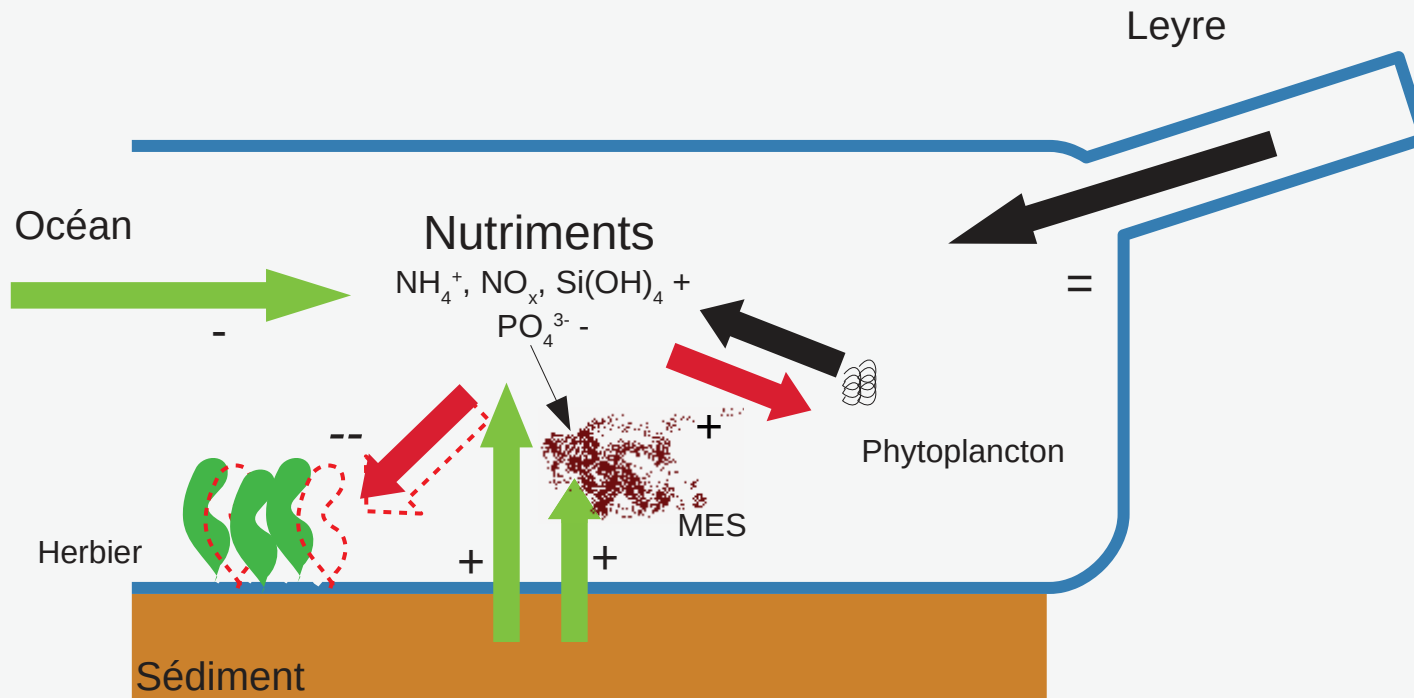
Conclusion

Results

Material

Introduction

Explications évolutions des nutriments



Conclusion

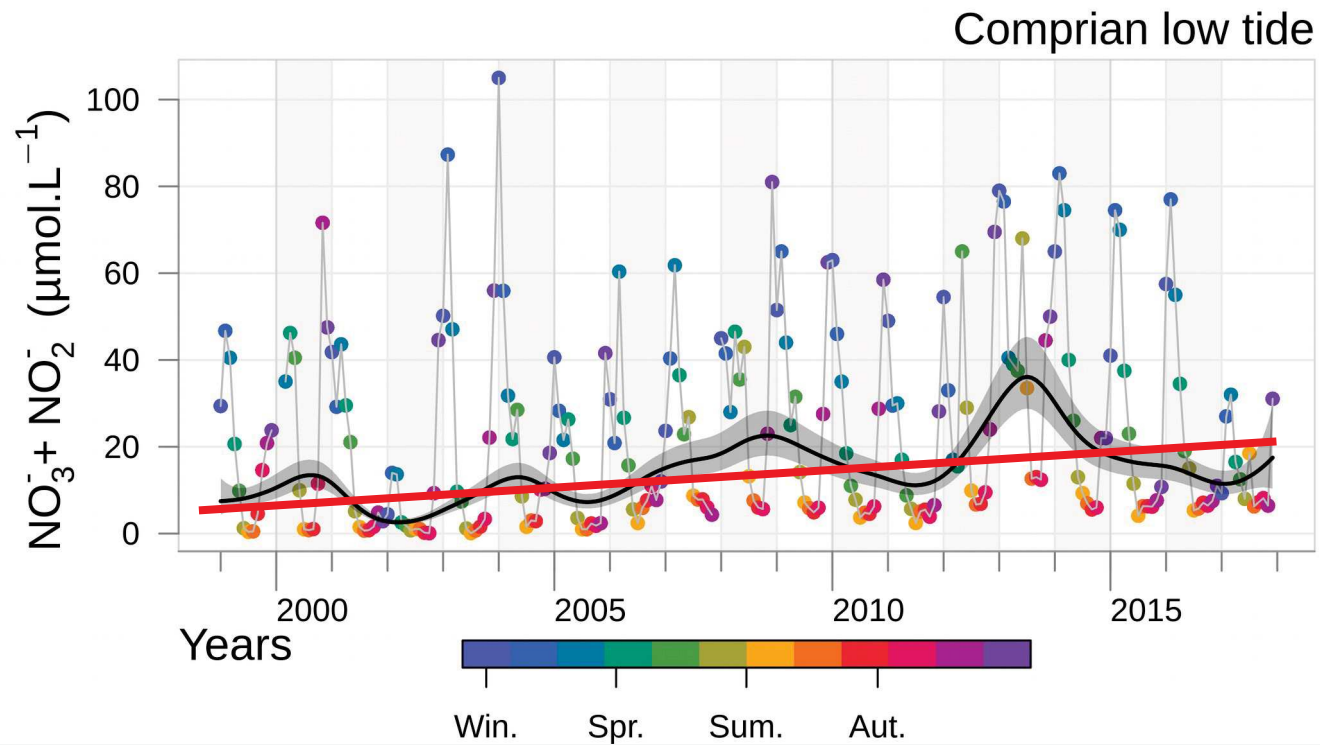
Results

Material

Introduction

Nutriments

Etudier les évolutions pluridécennales des nutriments



Conclusion

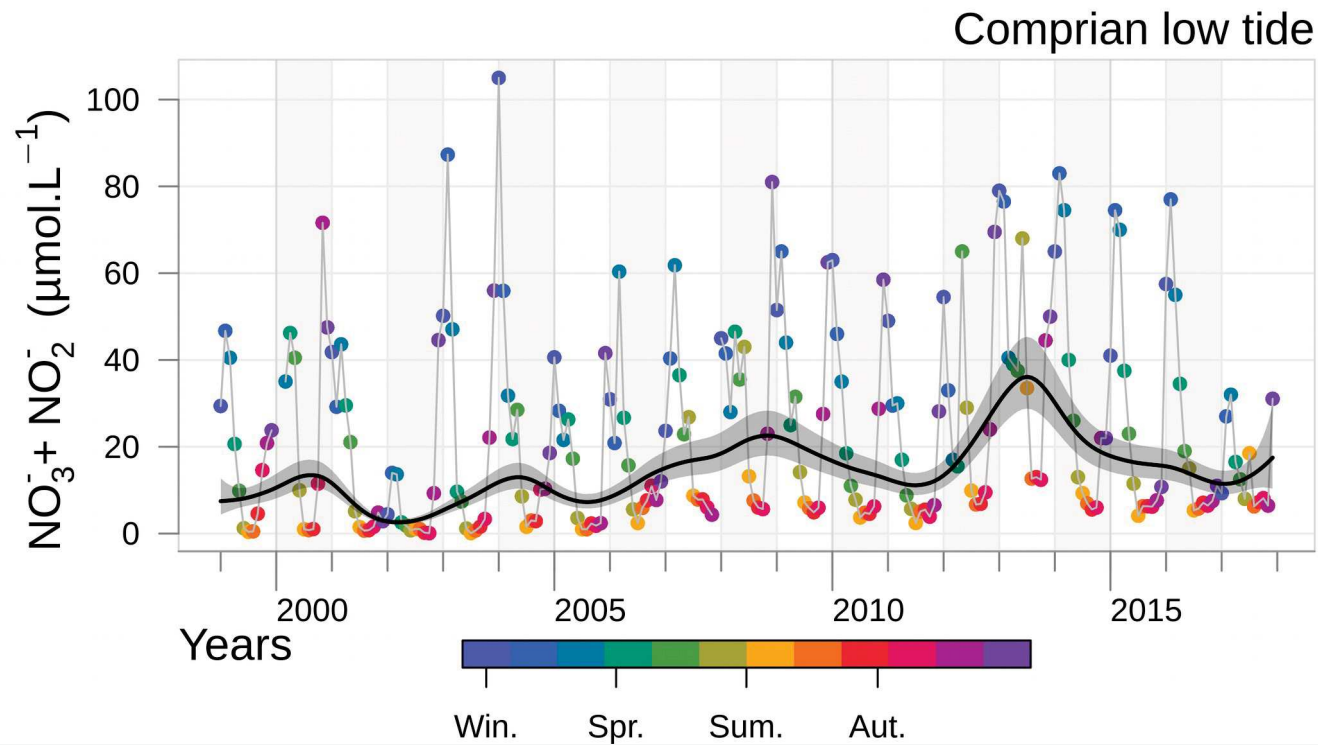
Results

Material

Introduction

Nutriments

Identifier les forçages régionaux et locaux ayant une influence



Conclusion

Results

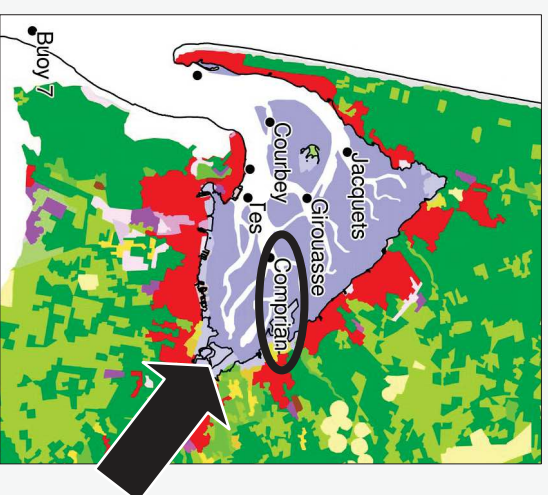
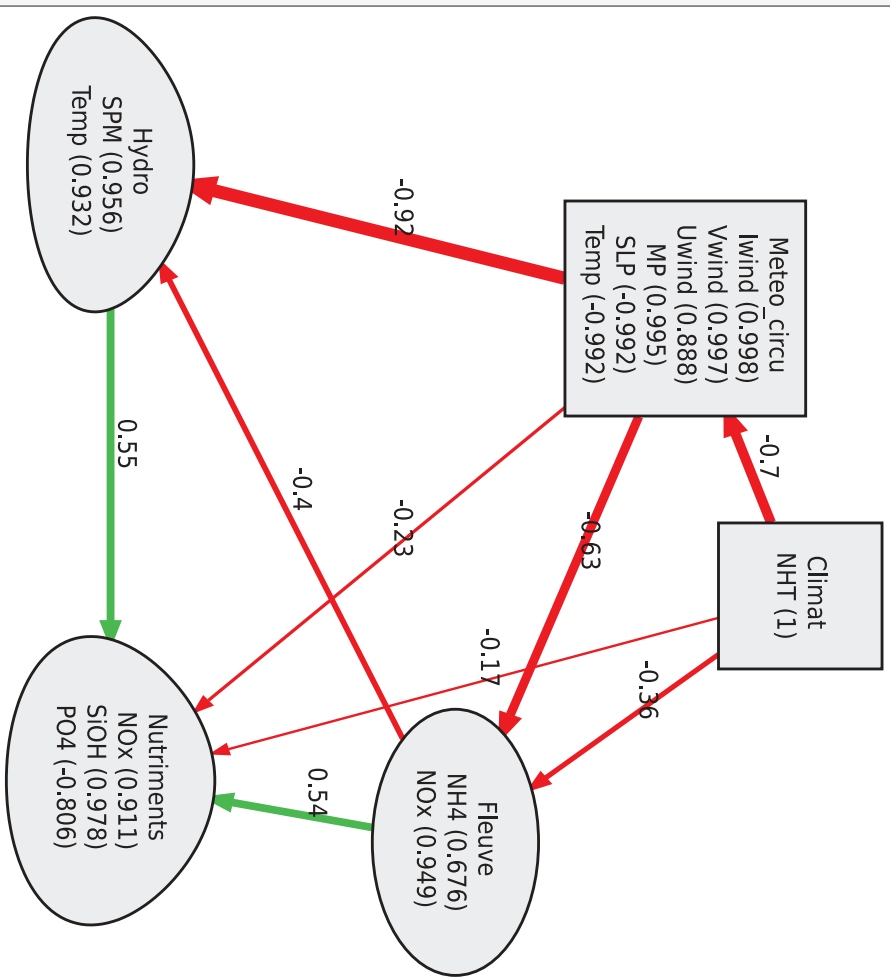
Material

Introduction

Conclusion

Influence des forçages abiotiques

Comprian (e) bm SurfTo5m



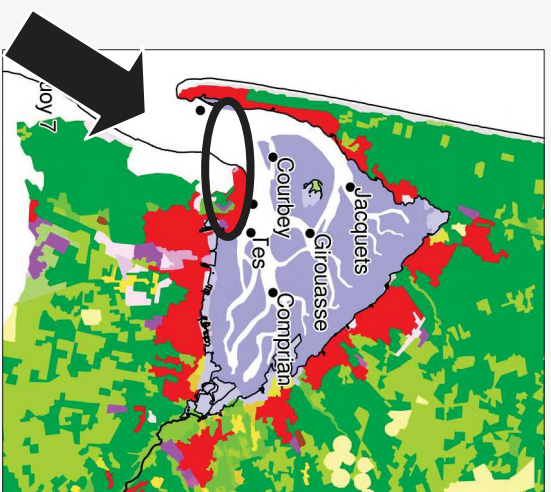
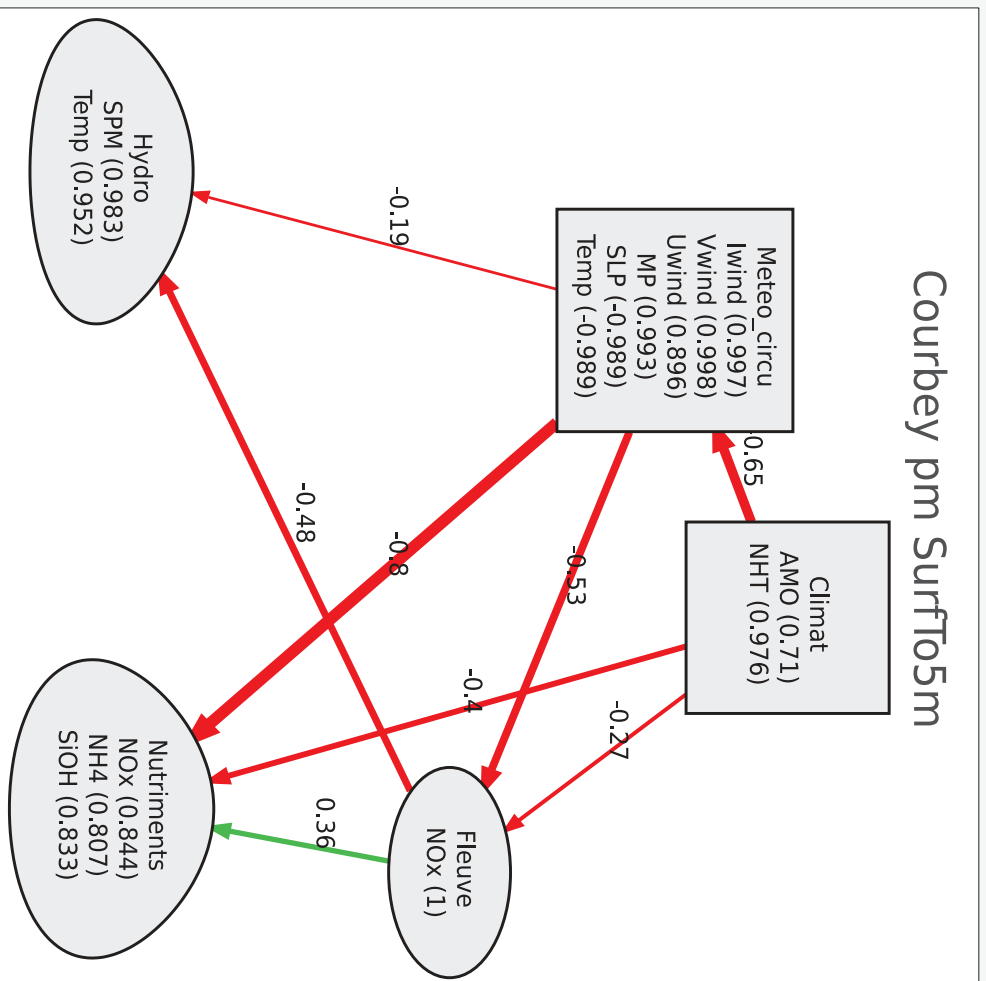
Results

Material

Introduction

Influence des forçages abiotiques

Courbey pm SurfTo5m



Conclusion

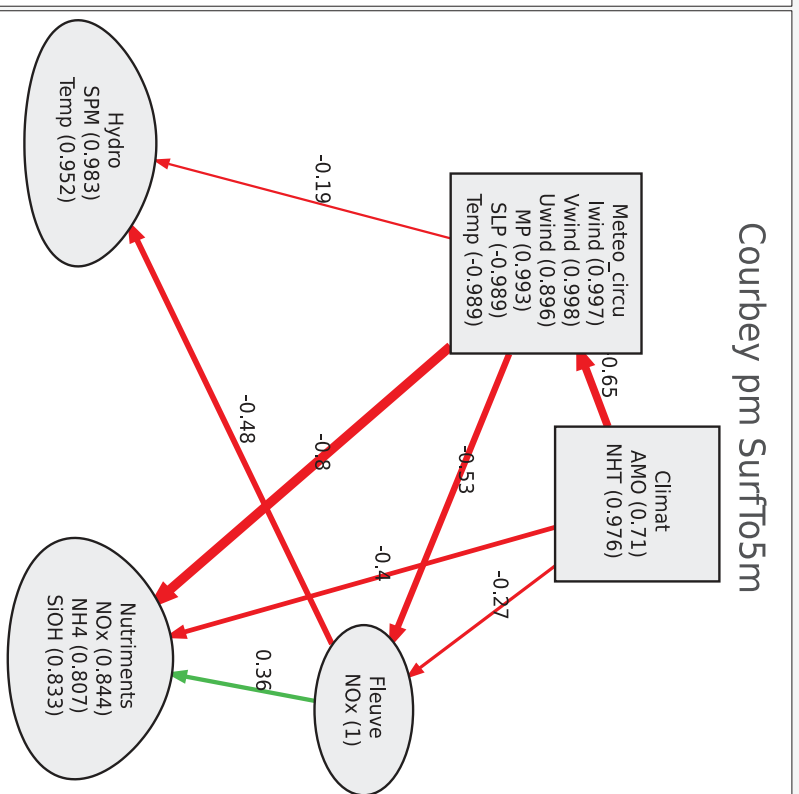
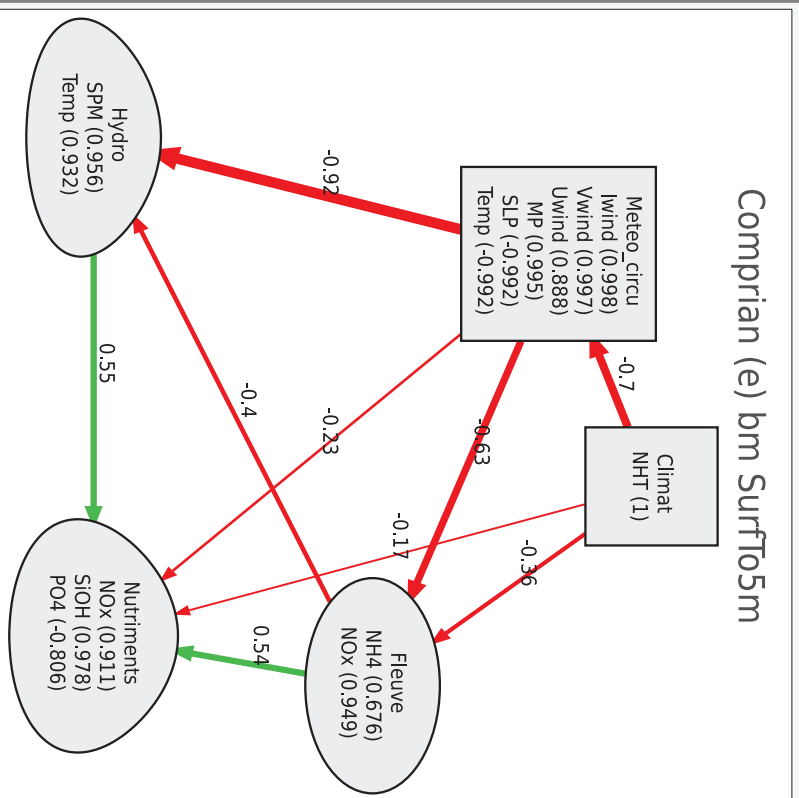
Results

Material

Introduction

Influence des forçages abiotiques

Conclusion



Results

Material

Introduction

Conclusion perspectives

Conclusions :

- Les évolutions de nutriments dans le BA sont principalement dues à des processus internes (influence biotique importante ?)
- Les forçages agissent à différentes échelles
- Plutôt une hétérogénéité le long du gradient continent / océan

Perspectives :

- Etudier les forçages biotiques
- Etudier la saisonnalité
- Etude multi-sites (48 séries temporelles x 4 nutriments)



Merci à tous pour votre attention



<https://www.bassin-arcachon.com/wp-content/uploads/2017/02/bassin-darcachon.jpg>

