Intercomparaison Villefranche-sur-mer

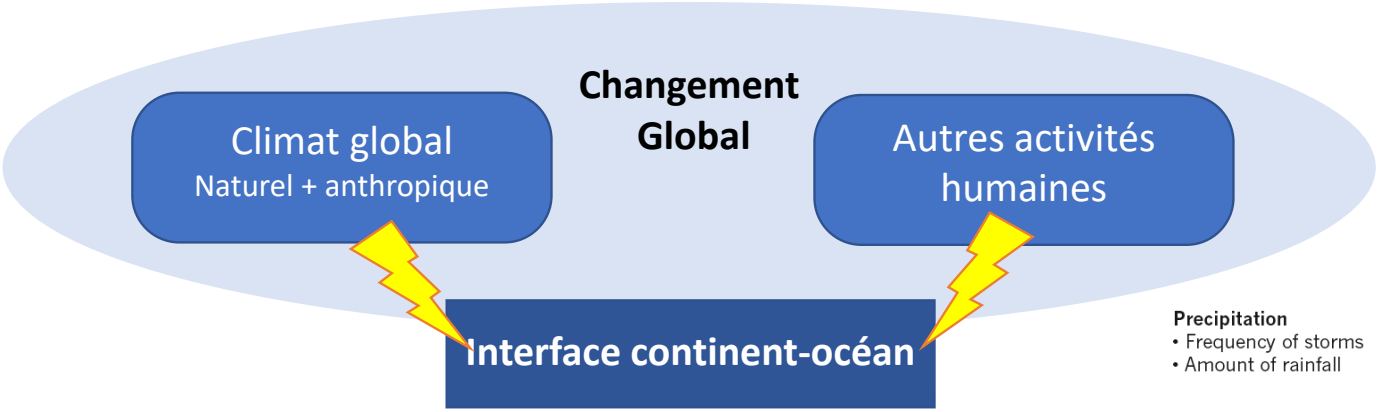
30 septembre – 4 octobre 2024

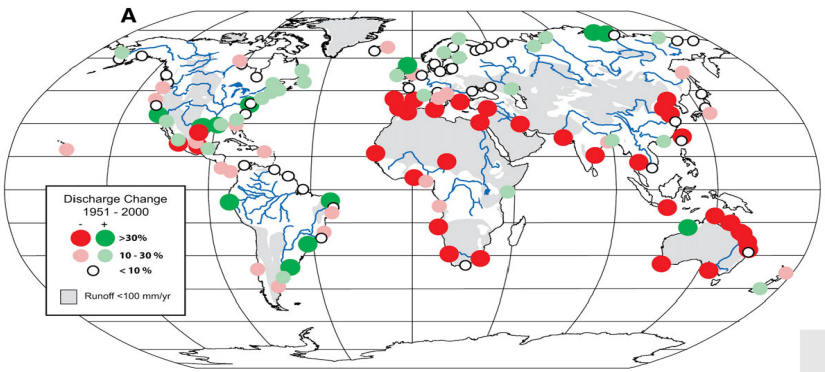
Effets multi-échelles du changement global en zones côtières révélés par les bivalves

Camilla Liénart[1], Alan Fournioux[1], Arnaud Lheureux[2], Andrius Garbaras[3], Xavier de Montaudouin[1], Hugues Blanchet[1], Nicolas Briant[4], Pauline Le Monier[4], Anne Grouhel-Pellouin[4], Stanislas Dubois[5], Aline Gangnery[5], Caroline Ulses[6], Nicolas Savoye[1].

[1] Université de Bordeaux, CNRS, EPHE, Bordeaux INP, EPOC, UMR 5805, F-33600 Pessac, France ; [2] MNHN, CNRS, IRD, Sorbonne Université, BOREA, UMR 8067, Paris, France ; [3] Center for Physical Sciences and Technology, Vilnius, Lithuania ; [4] Ifremer Centre Atlantique, CCEM, Nantes, France ; [5] Ifremer DYNECO/LEBCO, Brest, France ; [6] Université de Toulouse, LEGOS (CNES, CNRS, IRD, UT3), Toulouse, France

Changement global et écosystèmes côtiers





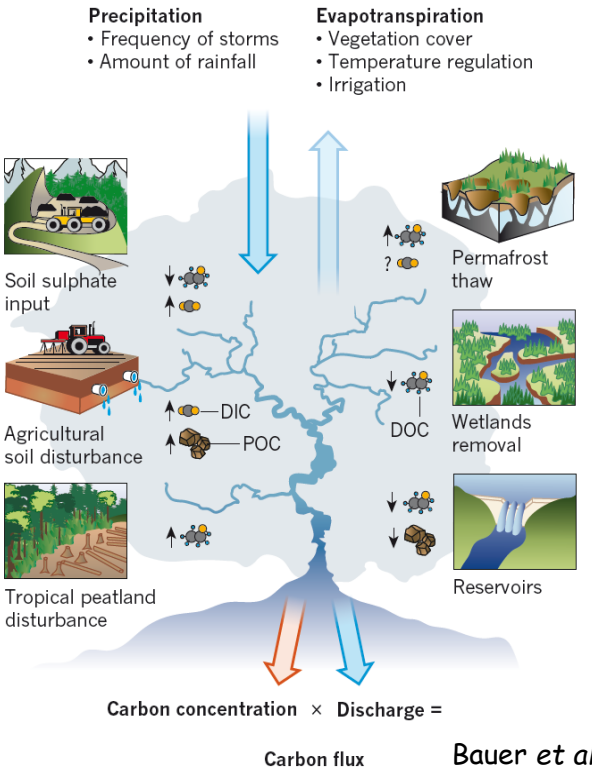
Milliman *et al.* (2008)

Effets multiples

Échelle globale *vs* locale

pluri-décennal

A quelles échelles et à quels effets du changement global répondent les écosystèmes côtiers ?



Bauer *et al.* (2013)

Les bivalves: sentinelles de l’environnement

Filtreurs

Longue durée de vie

Sédentaires

Enregistrer les conditions environnementales de sa zone d'échantillonnage

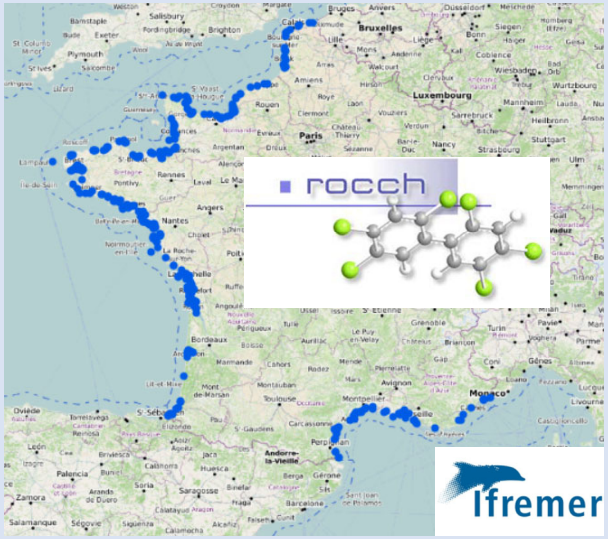
“Réseau d'observation de la contamination chimique du littoral”
ROCCH - Ifremer

Crassostrea gigas

Mytilus edulis

Mytilus galloprovincialis

Tissus mous
stockés depuis 1980



Outils et hypothèses scientifiques

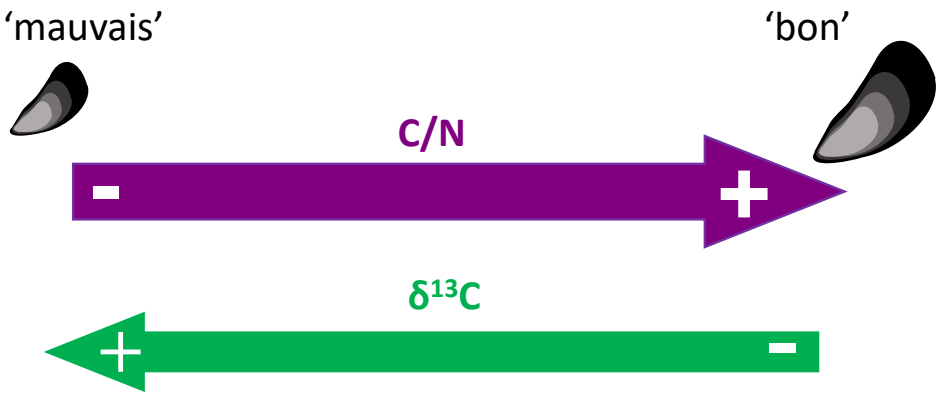
Projet EVOLECO-BEST (Évolution à long termes des écosystèmes côtiers – bivalves sous influence estuarienne)

Comment le changement global affecte-t-il les zones côtières ?

À travers le prisme de la santé et des ressources trophiques des bivalves

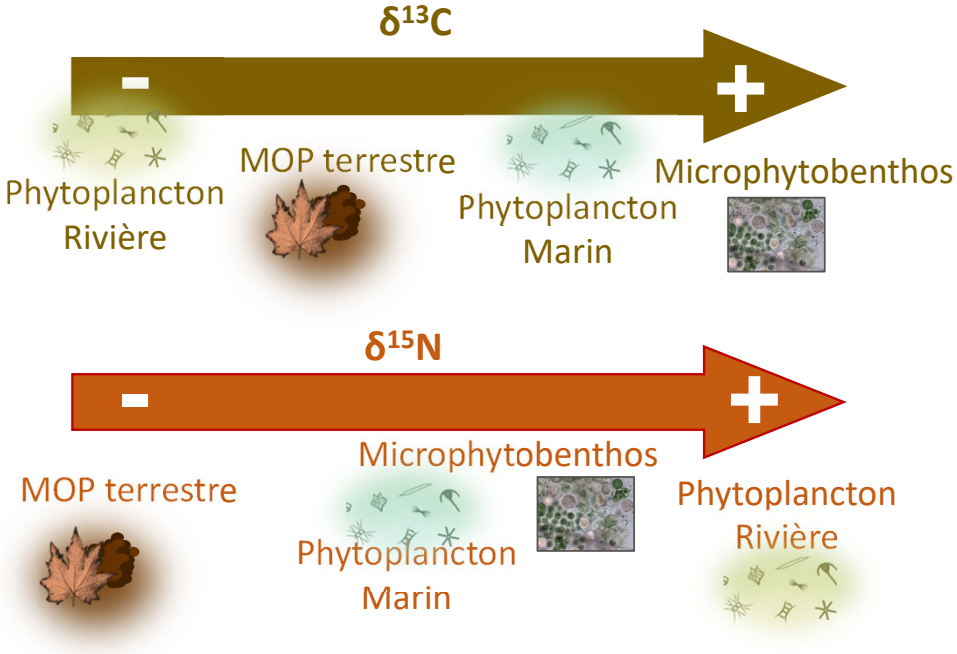
Rapports élémentaires et isotopiques du C et N

proxies de l'état de santé



faible $\delta^{13}C$ des lipides (Post et al. 2007)
fort $\delta^{13}C$ due à une plus forte respiration (Ek et al. 2015)

proxies des ressources trophiques



Questions scientifiques

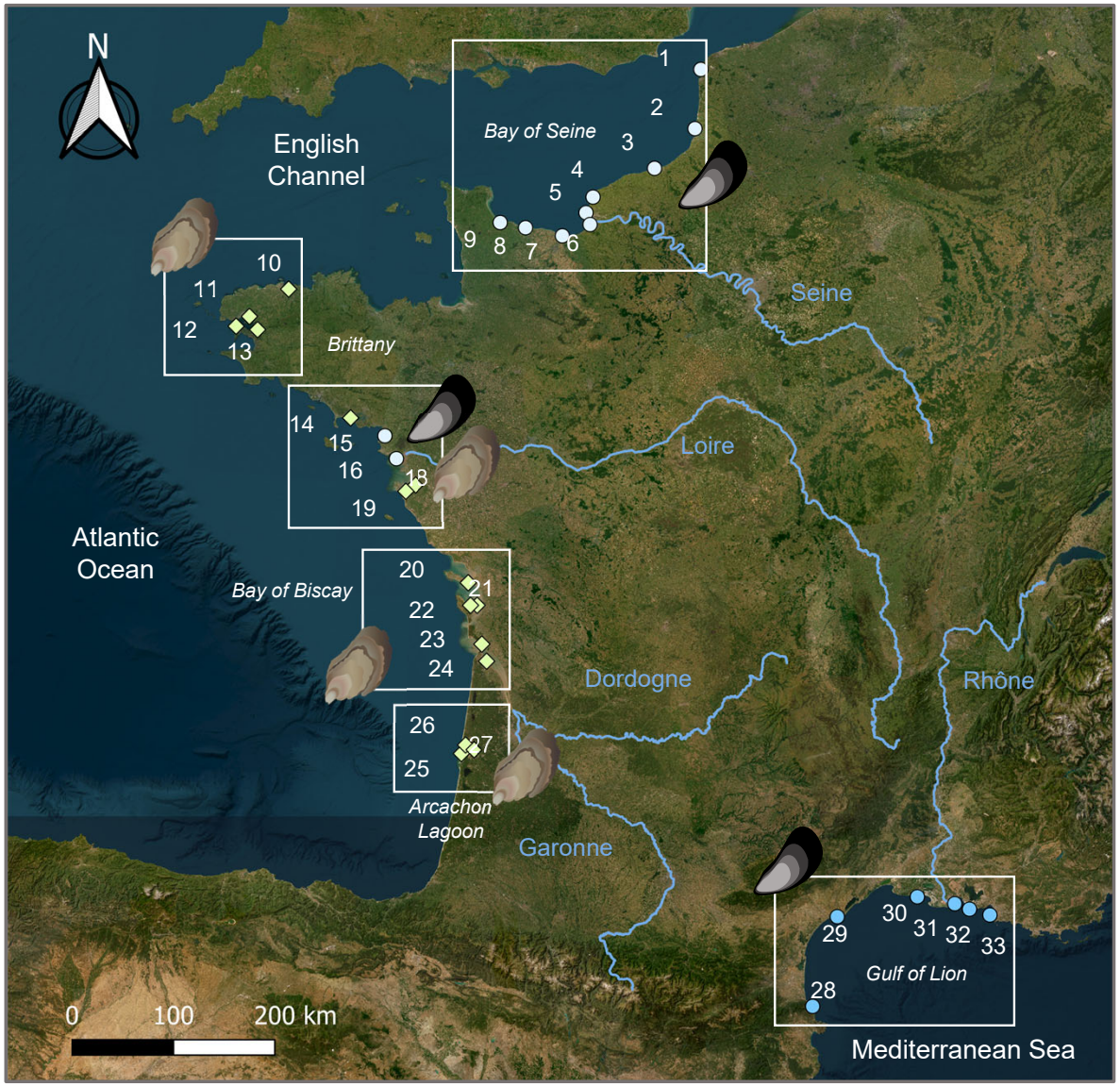
Projet EVOLECO-BEST (Évolution à long termes des écosystèmes côtiers – bivalves sous influence estuarienne)

Quels sont les effets du changement global sur les zones d'interface continent-océan françaises ?

Identifier et distinguer les effets globaux et régionaux/locaux

→ 40 ans d'évolution des ressources trophiques et de l'état physiologique des bivalves

Stratégie scientifique et échantillonnage



Débit moyen: **5 à 1700 m³/s**

MES : **7 à 40 mg/L**

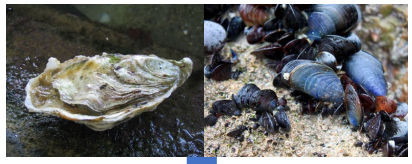
Chlorophylle *a* : **0.5 à 20 µg/L**

Bassin versant : **700 à 117 800 km²**

Échantillons biologiques

séries temporelles de 40 à 20 années (1981-2021)

1 échantillon (hivernal) / an

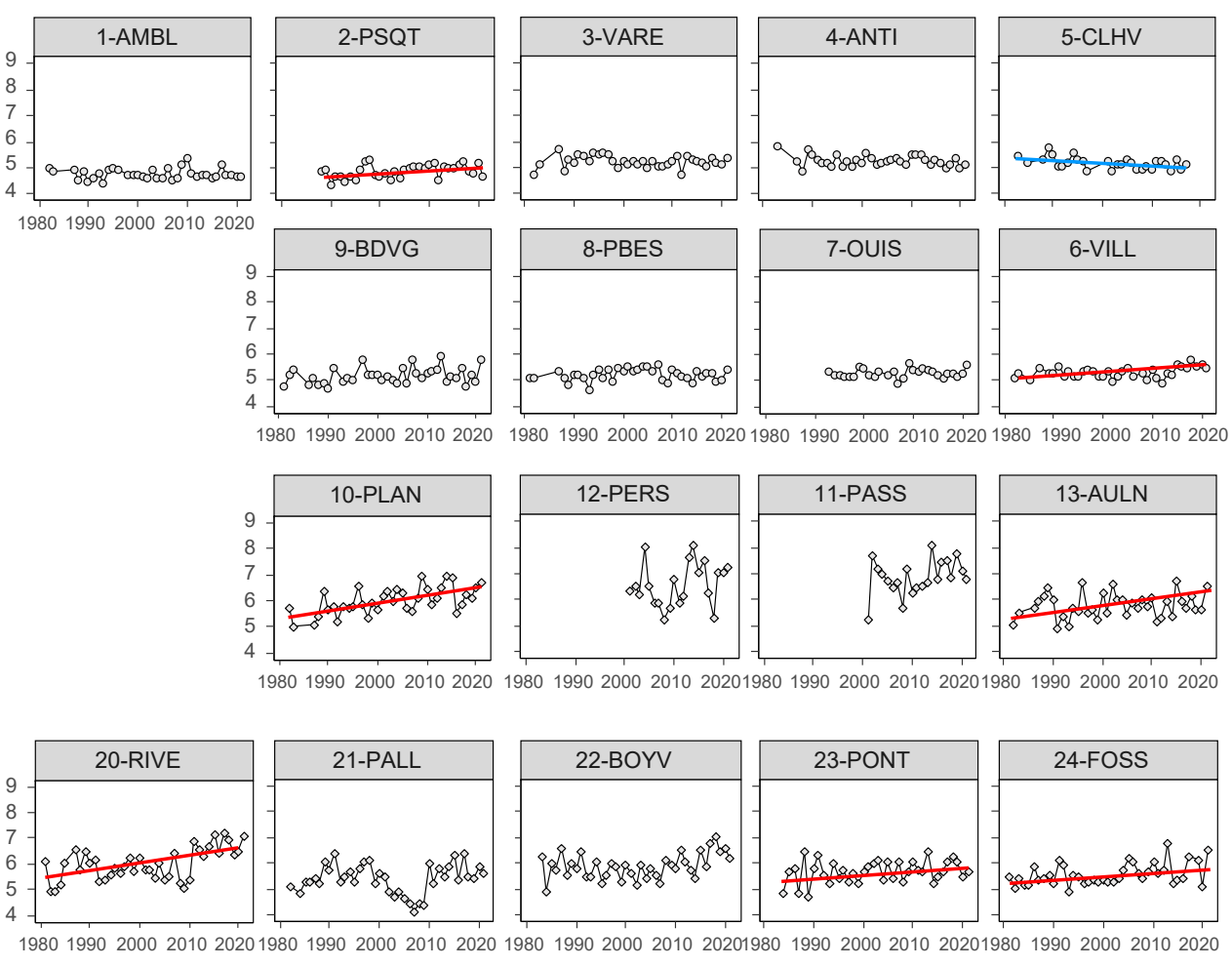


EA-IRMS
Vilnius, Lithuania
$\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, C/N

Résultats Bivalves – Tendances pluri-décennales du C/N

Océan → **Estuaire**

C/N



Manche / Baie de Seine

Bretagne

Milieu du Golfe de Gascogne

Tendances linéaires significatives (Mann-Kendal corrigé) et pentes (‰ par décennie)

Liénart *et al.* (in revision - ESSD)

Résultats Bivalves – Tendances pluri-décennales du C/N

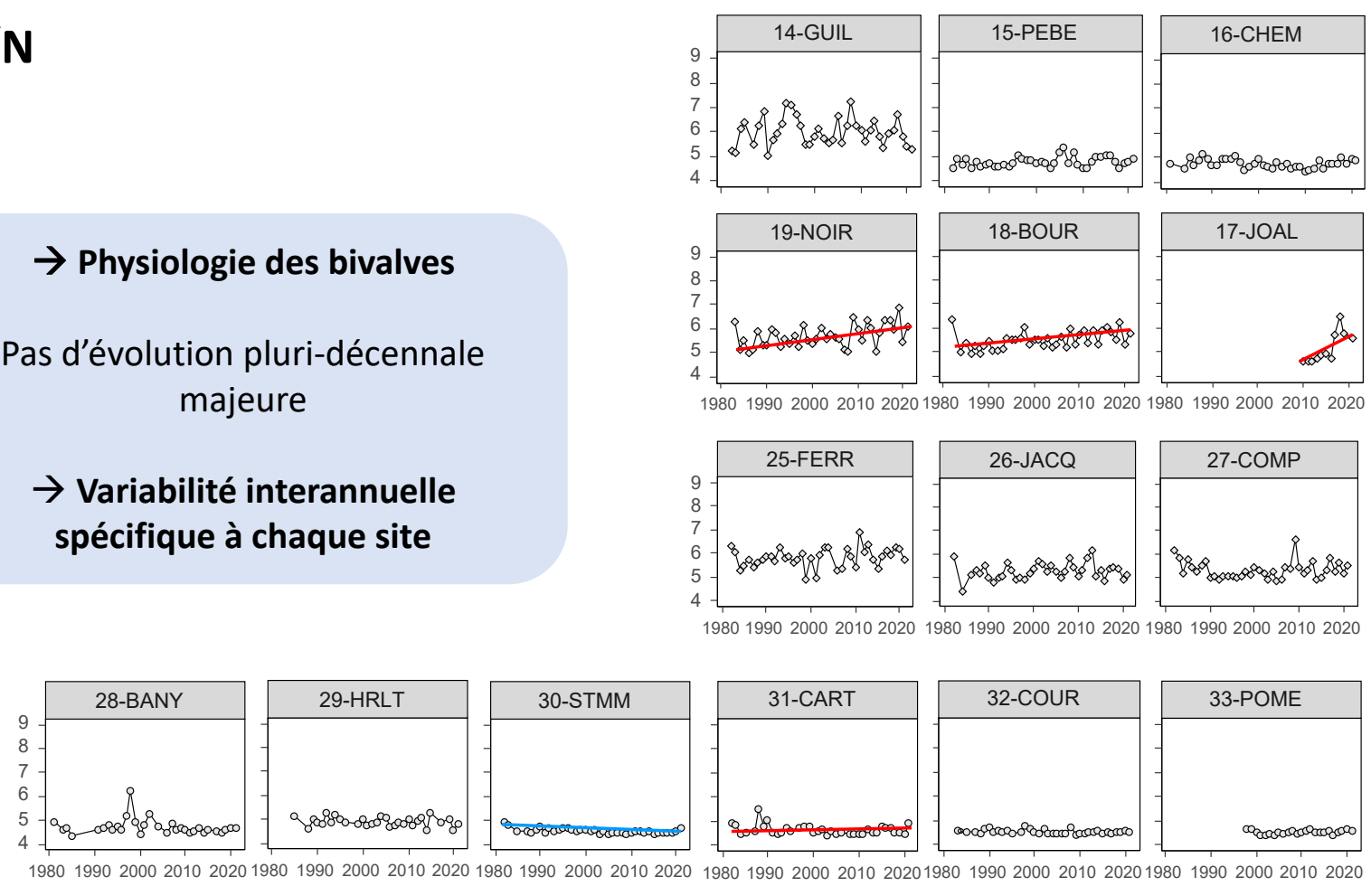
Océan → **Estuaire**

C/N

→ Physiologie des bivalves

Pas d'évolution pluri-décennale majeure

→ Variabilité interannuelle spécifique à chaque site



Nord du Golfe de Gascogne

Bassin d'Arcachon

Golfe du Lion

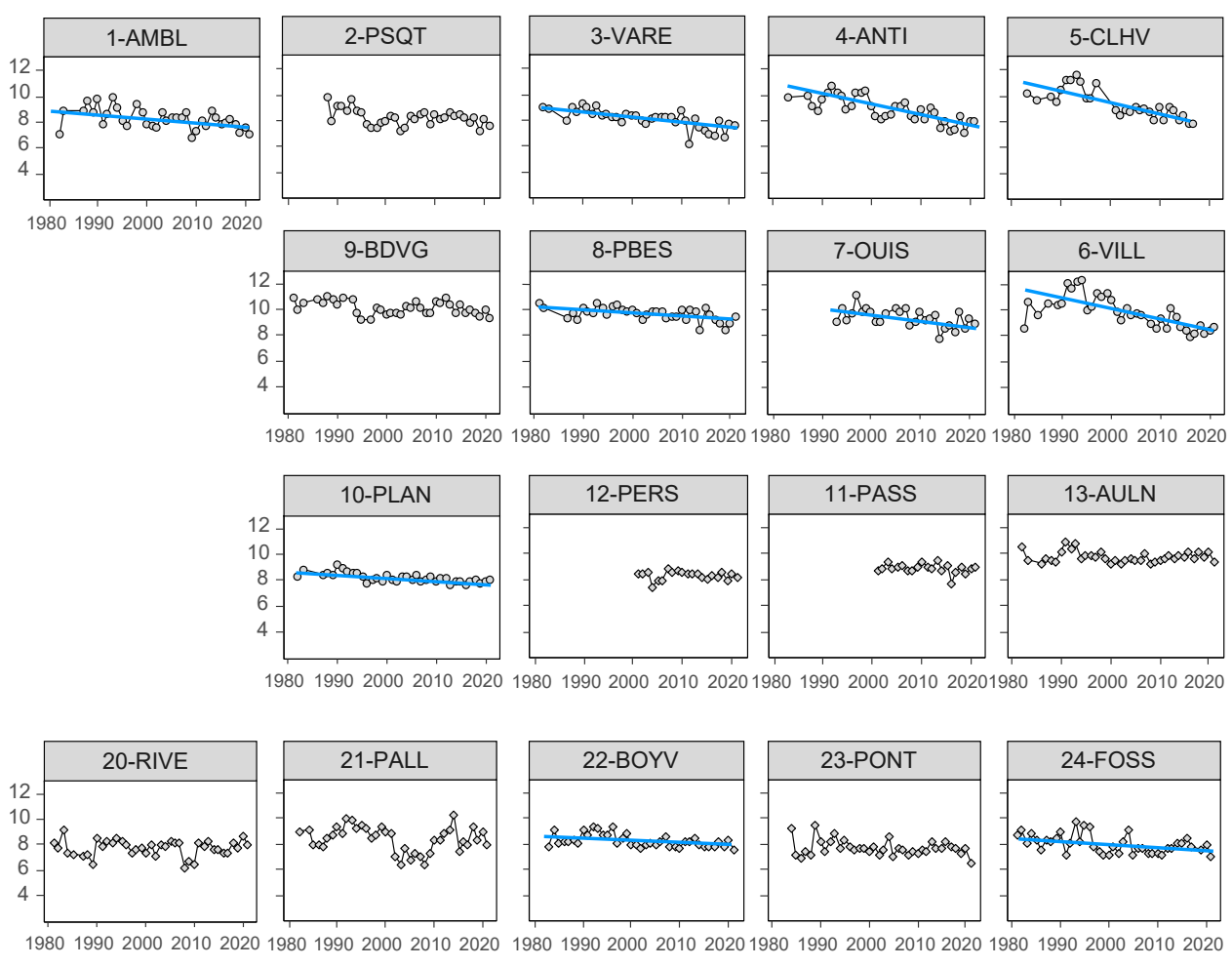
Tendances linéaires significatives (Mann-Kendal corrigé) et pentes (‰ par décennie)

Liénart *et al.* (in revision - ESSD)

Résultats Bivalves – Tendances pluri-décennales du $\delta^{15}N$

Océan → **Estuaire**

$\delta^{15}N$



Manche / Baie de Seine

Bretagne

Milieu du Golfe de Gascogne

Tendances linéaires significatives (Mann-Kendal corrigé) et pentes (‰ par décennie)

Liénart *et al.* (in revision - ESSD)

Résultats Bivalves – Tendances pluri-décennales du $\delta^{15}N$

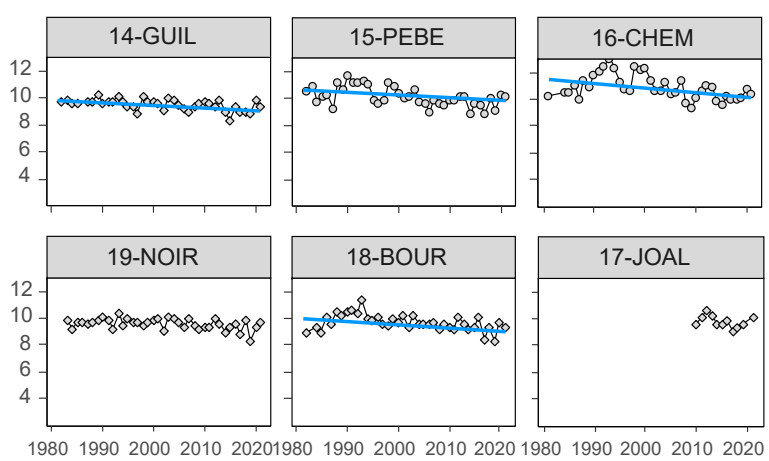
Océan → **Estuaire**

$\delta^{15}N$

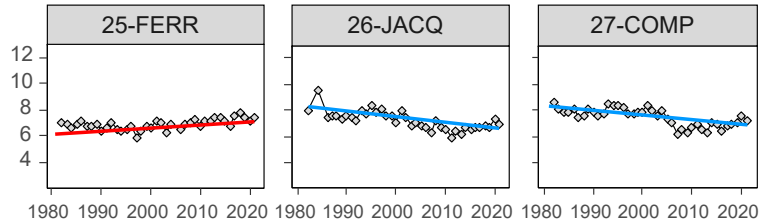
→ proxy des ressources trophiques

(22/33) **67% diminution significative**
pente -0,9 to 0,2 ‰ par décennie

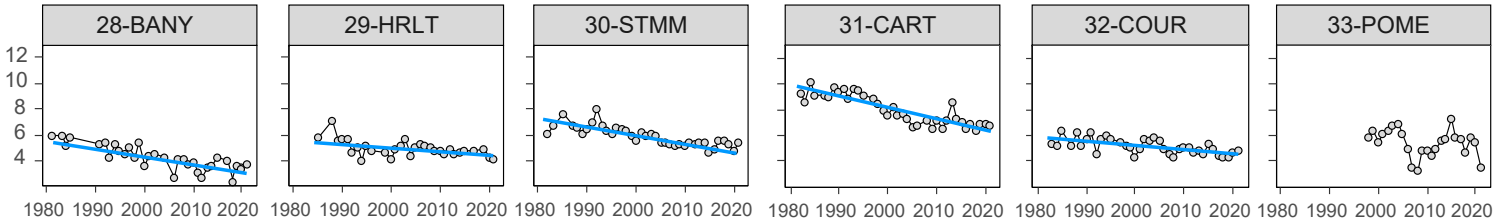
→ Effet global ?



Nord du Golfe de Gascogne



Bassin d'Arcachon



Golfe du Lion

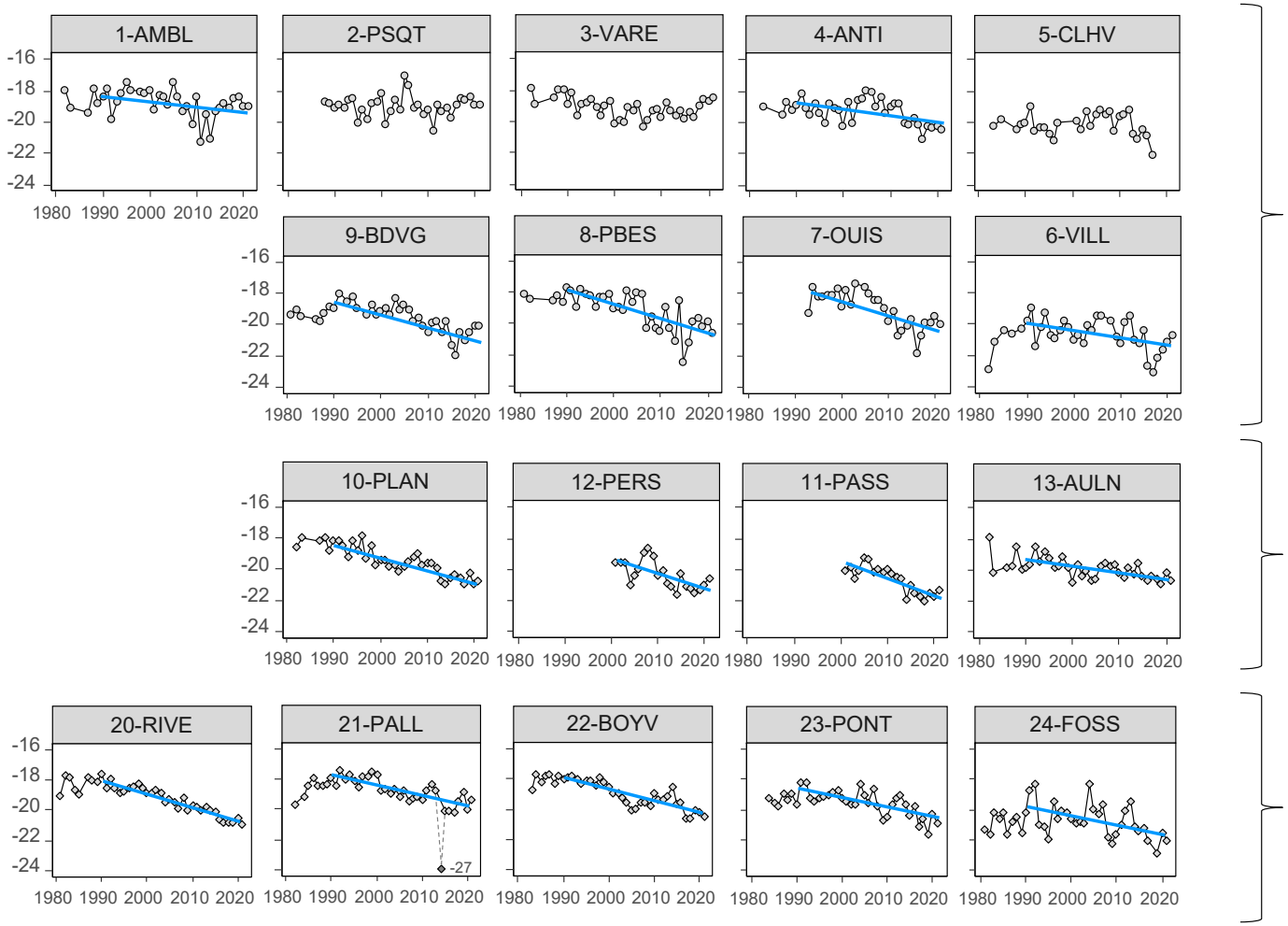
Tendances linéaires significatives (Mann-Kendal corrigé) et pentes (‰ par décennie)

Liénart *et al.* (in revision - ESSD)

Résultats Bivalves – Tendances pluri-décennales du $\delta^{13}C$

Océan → **Estuaire**

$\delta^{13}C$



Manche / Baie de Seine

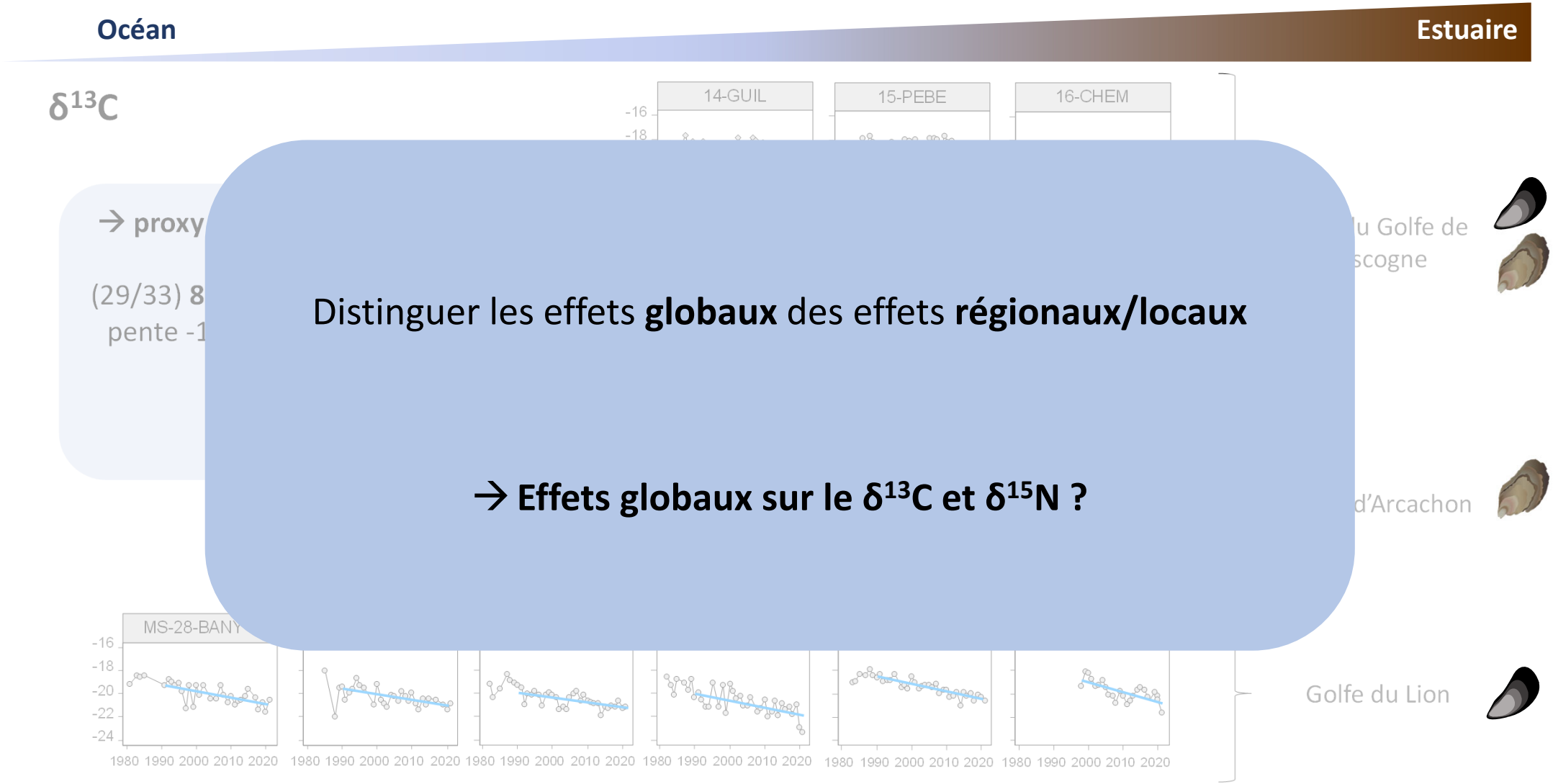
Bretagne

Milieu du Golfe de Gascogne

Tendances linéaires significatives (Mann-Kendal corrigé) et pentes (‰ par décennie)

Liénart *et al.* (in revision - ESSD)

Résultats Bivalves – Tendances pluri-décennales du $\delta^{13}C$



Distinguer les effets **globaux** des effets **régionaux/locaux**

→ Effets globaux sur le $\delta^{13}C$ et $\delta^{15}N$?

Tendances linéaires significatives (Mann-Kendal corrigé) et pentes (‰ par décennie)

Liénart *et al.* (in revision - ESSD)

Résultats – Effets Globaux

Bivalves + données environnementales

Séries Environnementales	Paramètres	Durée des séries	Origine des données
Climat large	NAO, EAP, AMO, NHT, $[CO_2]$atm	29-41 ans	NOAA
Climat local	T°air, Pa, pluviométrie, vent, irradiance	29-41 ans	NASA/MERRA-2
In situ	T°eau, salinité, NO_3^-+NO_2^-, NH_4^+, $Si(OH)_4$, PO_4^{3-}, SPM, chlorophylle a	9-24 ans	REPHY (Ifremer) SOMLIT (CNRS)
Phytoplancton	Comptages taxonomiques des communautés phytoplanctoniques	2-33 ans	PHYTOBS Network
Rivières	Débits, nutriments (NO_3^-+NO_2^-, PO_4^{3-})	11-40 ans	Eaufrance

NAO: North Atlantic Oscillation; EAP: Eastern Atlantic Pattern; AMO: Atlantic Multidecadal Oscillation; NHT: anomalies of the Northern Hemisphere Temperature

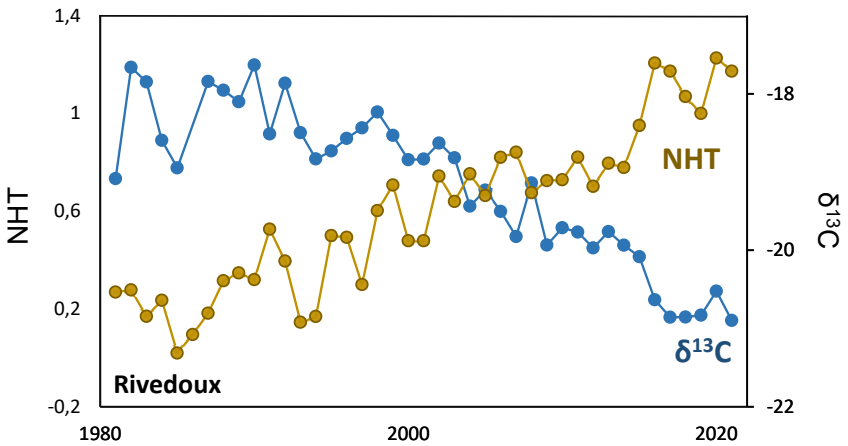
Résultats – Effets Globaux

Impact du changement global à travers les ressources trophiques des bivalves ($\delta^{15}N$ et $\delta^{13}C$)

Diminution générale du **$\delta^{13}C$** et du **$\delta^{15}N$** des bivalves sur les 3 façades maritimes

Changement global

→ Corrélation aux indices climatiques à large échelle (NHT, EAP, AMO, $[CO_2]$, $\delta^{13}C_{aq}$)



➔ 3 hypothèses environnementales :

↘ $\delta^{15}N$ ↘ $\delta^{13}C$

Bivalves

(-0,2‰ à -0,8‰) (-0,2‰ à -0,9‰)

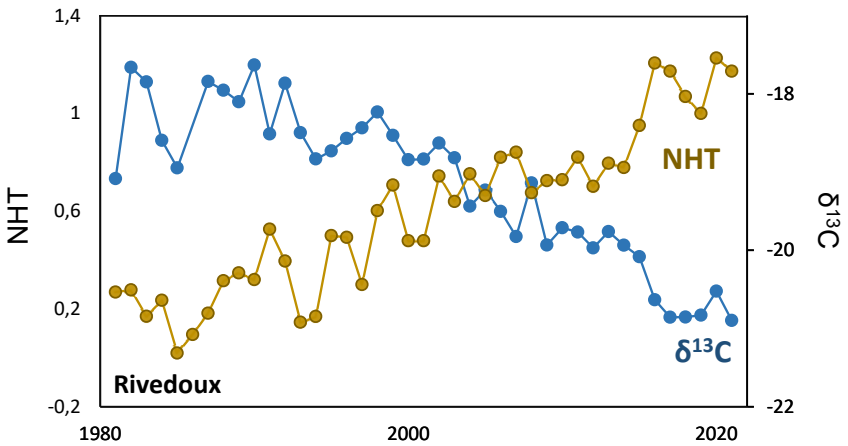
Graphique : A. fournioux

Résultats – Effets Globaux

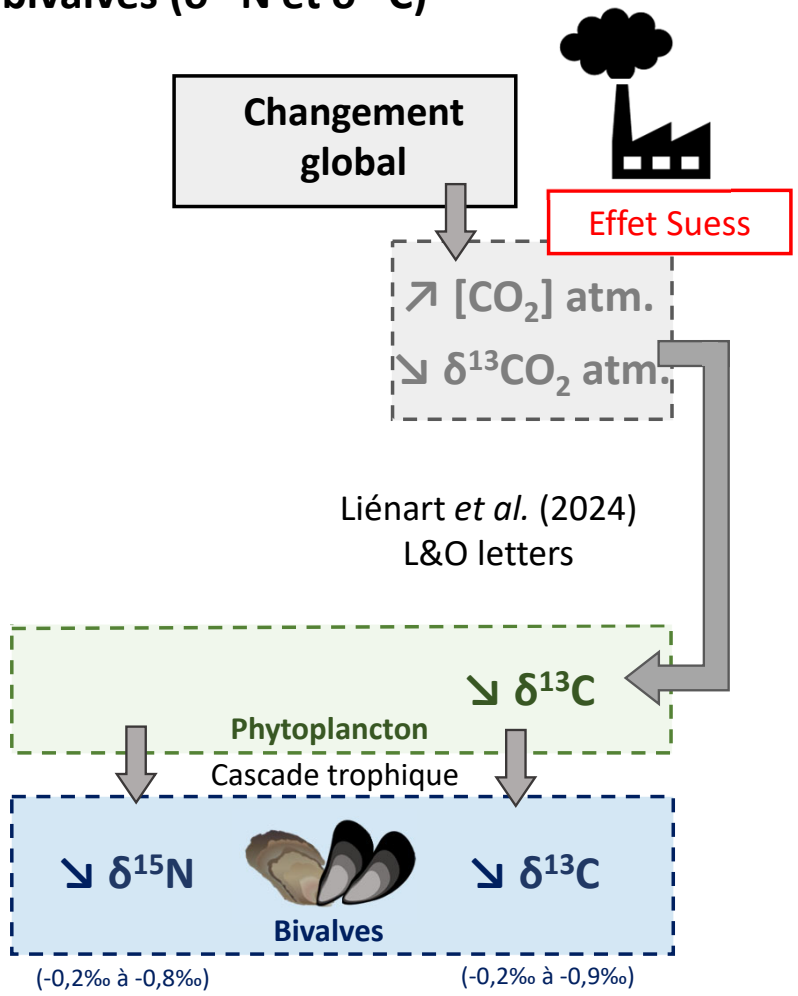
Impact du changement global à travers les ressources trophiques des bivalves ($\delta^{15}N$ et $\delta^{13}C$)

Diminution générale du **$\delta^{13}C$** et du **$\delta^{15}N$** des bivalves sur les 3 façades maritimes

→ Corrélation aux indices climatiques à large échelle (NHT, EAP, AMO, $[CO_2]$, $\delta^{13}C_{aq}$)



➔ 3 hypothèses environnementales :



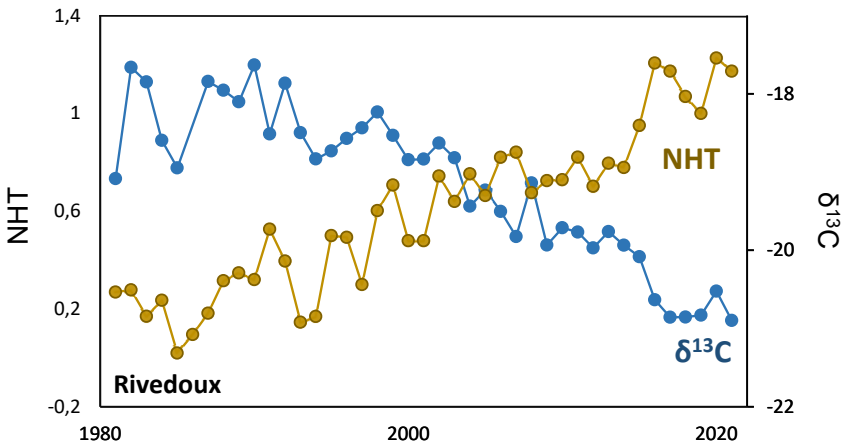
Graphique : A. fournioux

Résultats – Effets Globaux

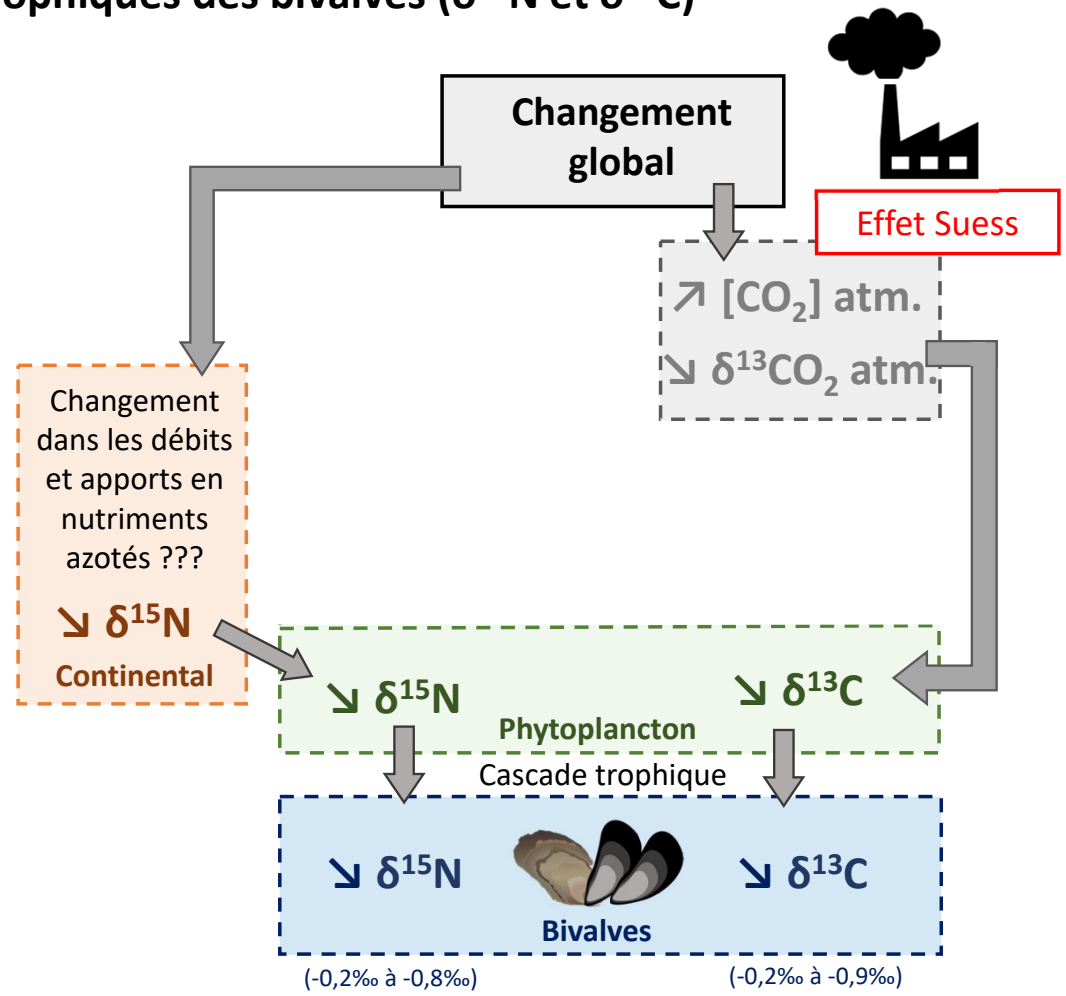
Impact du changement global à travers les ressources trophiques des bivalves ($\delta^{15}N$ et $\delta^{13}C$)

Diminution générale du **$\delta^{13}C$** et du **$\delta^{15}N$** des bivalves sur les 3 façades maritimes

→ Corrélation aux indices climatiques à large échelle (NHT, EAP, AMO, $[CO_2]$, $\delta^{13}C_{aq}$)



➔ 3 hypothèses environnementales :



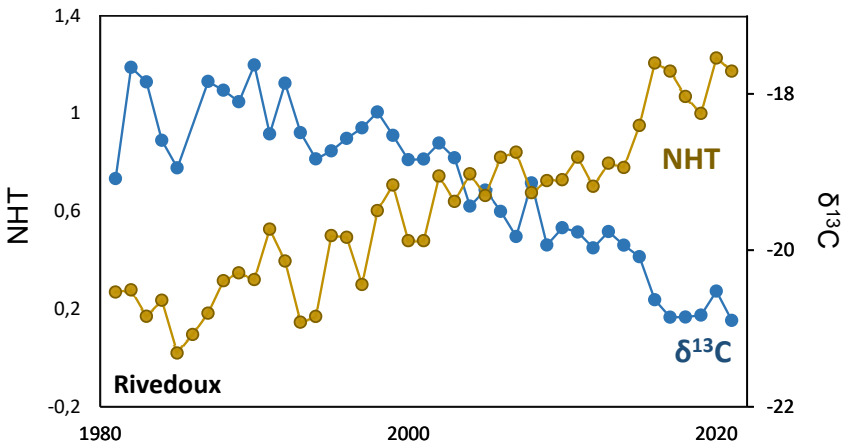
Graphique : A. fournioux

Résultats – Effets Globaux

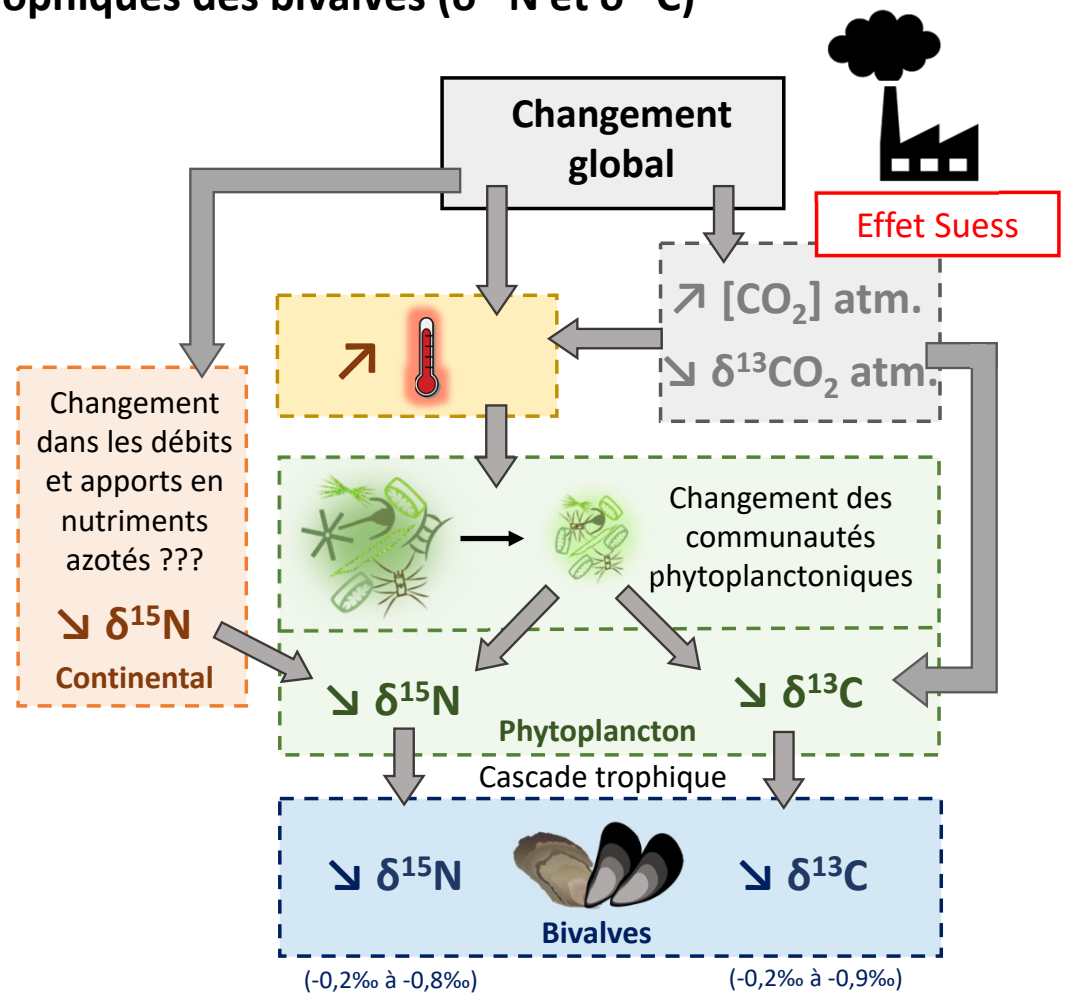
Impact du changement global à travers les ressources trophiques des bivalves ($\delta^{15}N$ et $\delta^{13}C$)

Diminution générale du **$\delta^{13}C$** et du **$\delta^{15}N$** des bivalves sur les 3 façades maritimes

→ Corrélation aux indices climatiques à large échelle (NHT, EAP, AMO, $[CO_2]$, $\delta^{13}C_{aq}$)



➔ 3 hypothèses environnementales :



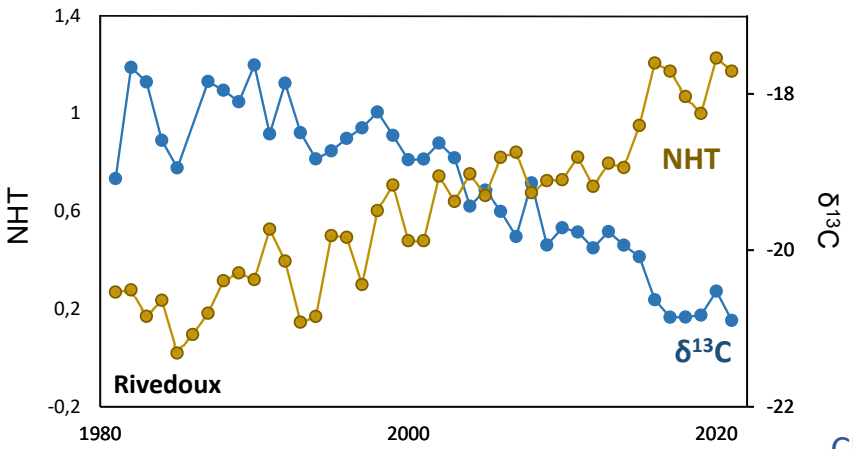
Graphique : A. fournioux

Résultats – Effets Globaux

Impact du changement global à travers les ressources trophiques des bivalves ($\delta^{15}N$ et $\delta^{13}C$)

Diminution générale du **$\delta^{13}C$** et du **$\delta^{15}N$** des bivalves sur les 3 façades maritimes

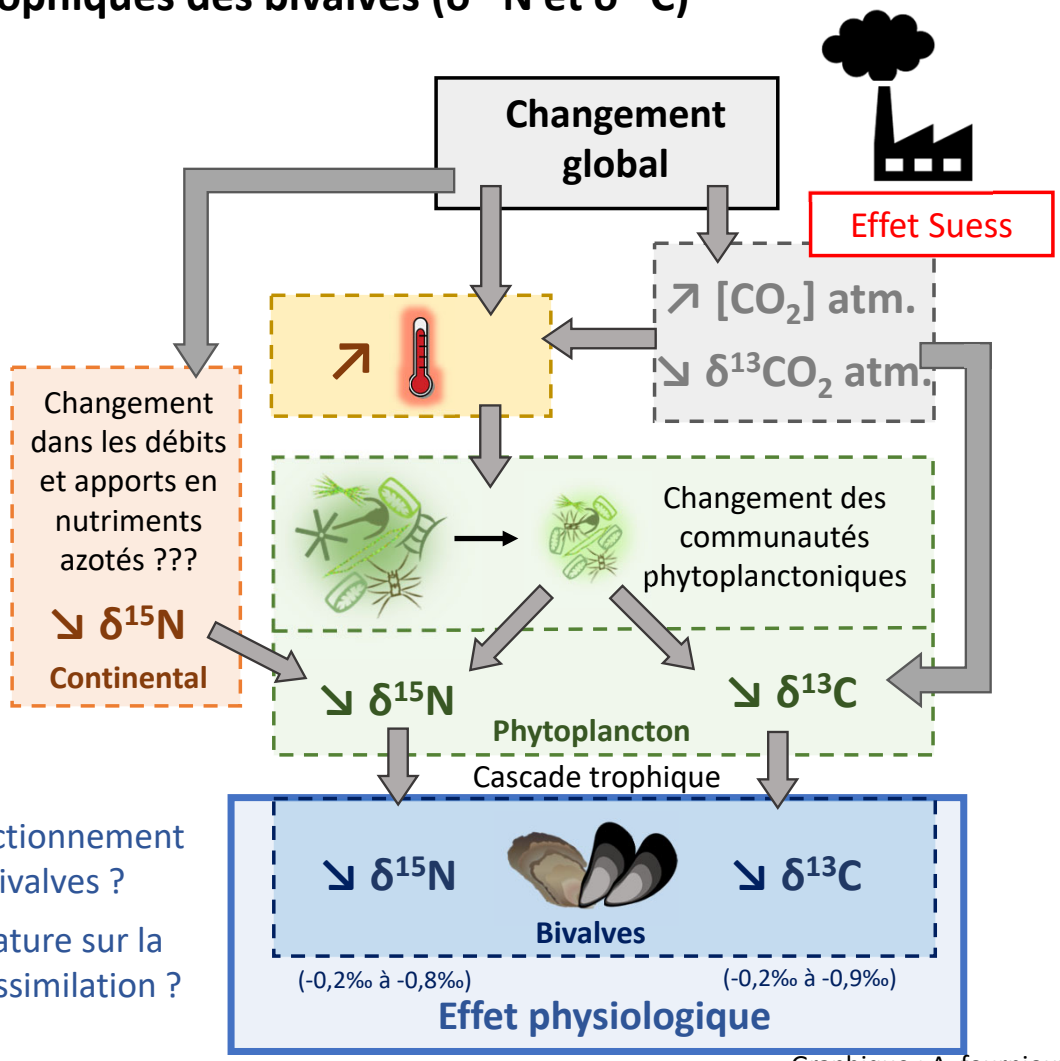
→ Corrélation aux indices climatiques à large échelle (NHT, EAP, AMO, $[CO_2]$, $\delta^{13}C_{aq}$)



➔ 3 hypothèses environnementales :

Changement du fractionnement trophique des bivalves ?

Effet de la température sur la croissance/taux d'assimilation ?



Graphique : A. fournioux

Résultats – Effets Régionaux / Locaux

$\delta^{13}C$

Effet Suess dans l'atmosphère
-0,25 ‰ par décennie
(1980-2022; Mauna Loa; SCRIPPS data)

Enlever l'effet Suess
(correction de pente)

→ **Autres effets régionaux/locaux**

Antagonisme
Cumul / Synergie ?

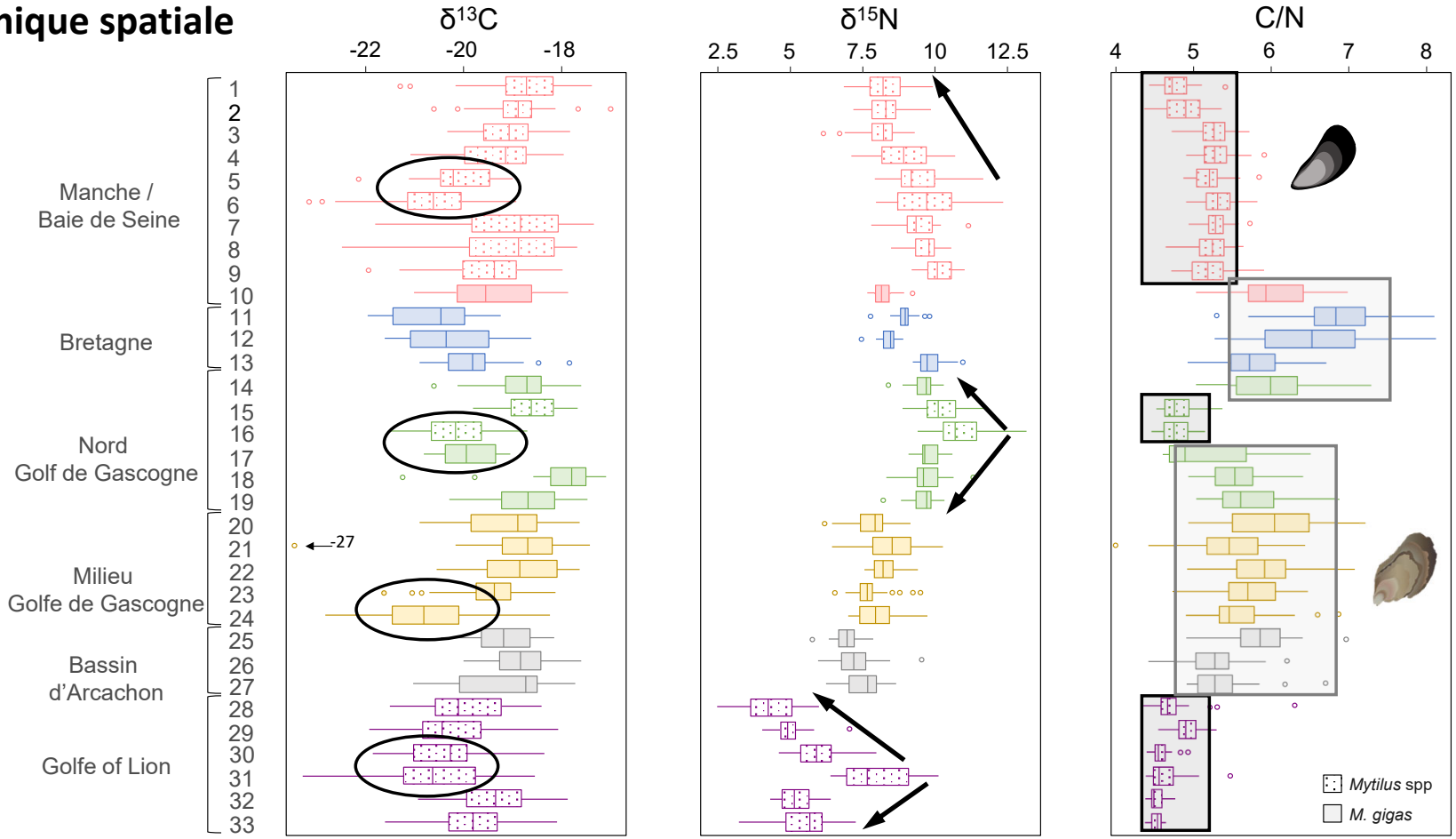
Bivalves + données environnementales

Séries Environnementales	Paramètres	Durée des séries	Origine des données
Climat large	NAO, EAP, AMO, NHT, $[CO_2]$atm	29-41 ans	NOAA
Climat local	T°air, Pa, pluviométrie, vent, irradiance	29-41 ans	NASA/MERRA-2
In situ	T°eau, salinité, NO_3^-+NO_2^-, NH_4^+, $Si(OH)_4$, PO_4^{3-}, SPM, chlorophylle a	9-24 ans	REPHY (Ifremer) SOMLIT (CNRS)
Phytoplancton	Comptages taxonomiques des communautés phytoplanctoniques	2-33 ans	PHYTOBS Network
Rivières	Débits, nutriments (NO_3^-+NO_2^-, PO_4^{3-})	11-40 ans	Eaufrance

→ Liénart *et al.* (en préparation - GCB)

Résultats – Effets Régionaux / Locaux

→ Dynamique spatiale



→ **$\delta^{13}C$ faible** pour les bivalves **proche de l'embouchure des fleuves**

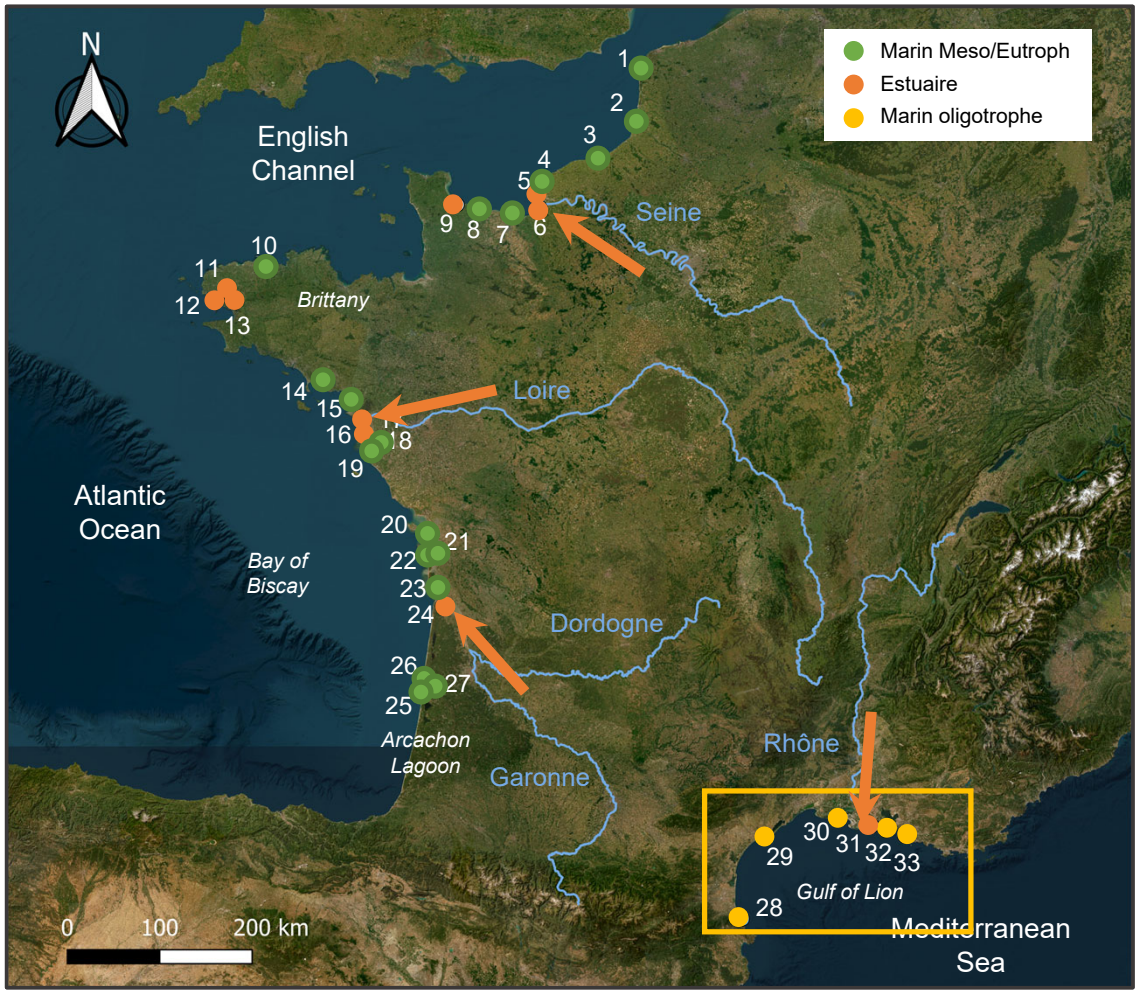
→ **$\delta^{15}N$ diminuent** lorsqu'on **s'éloigne de l'embouchure des fleuves** (Seine, Loire, Rhône)

→ C/N stables (moules) vs variables (huîtres) **effet de l'espèce**

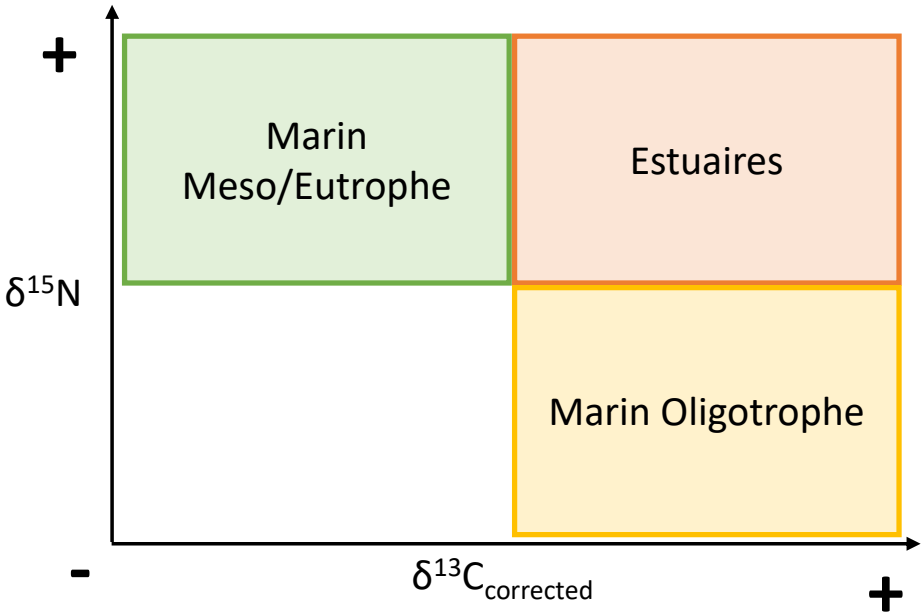
Liénart *et al.* (in revision - ESSD)

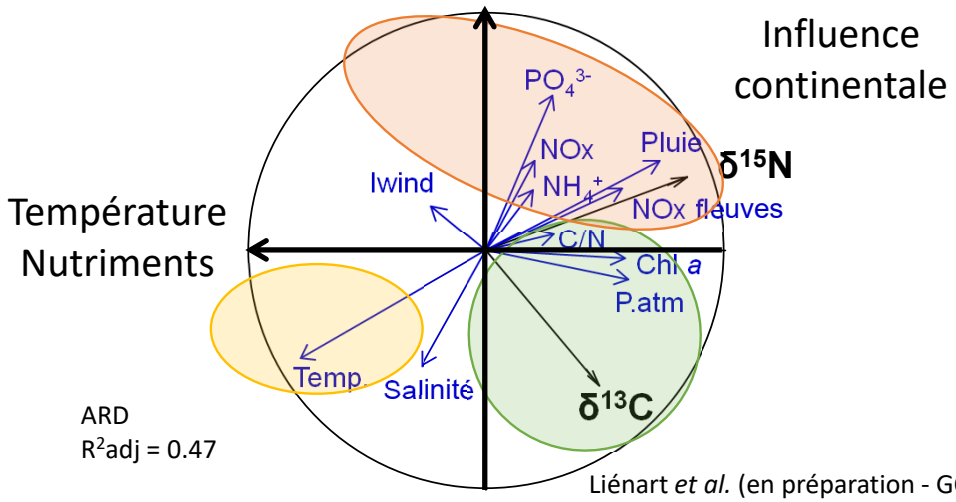
Résultats – Effets Régionaux / Locaux

→ Dynamique spatiale : Typologie d'écosystèmes



Groupes issus de l'analyse k-means sur le $\delta^{13}C$ et $\delta^{15}N$

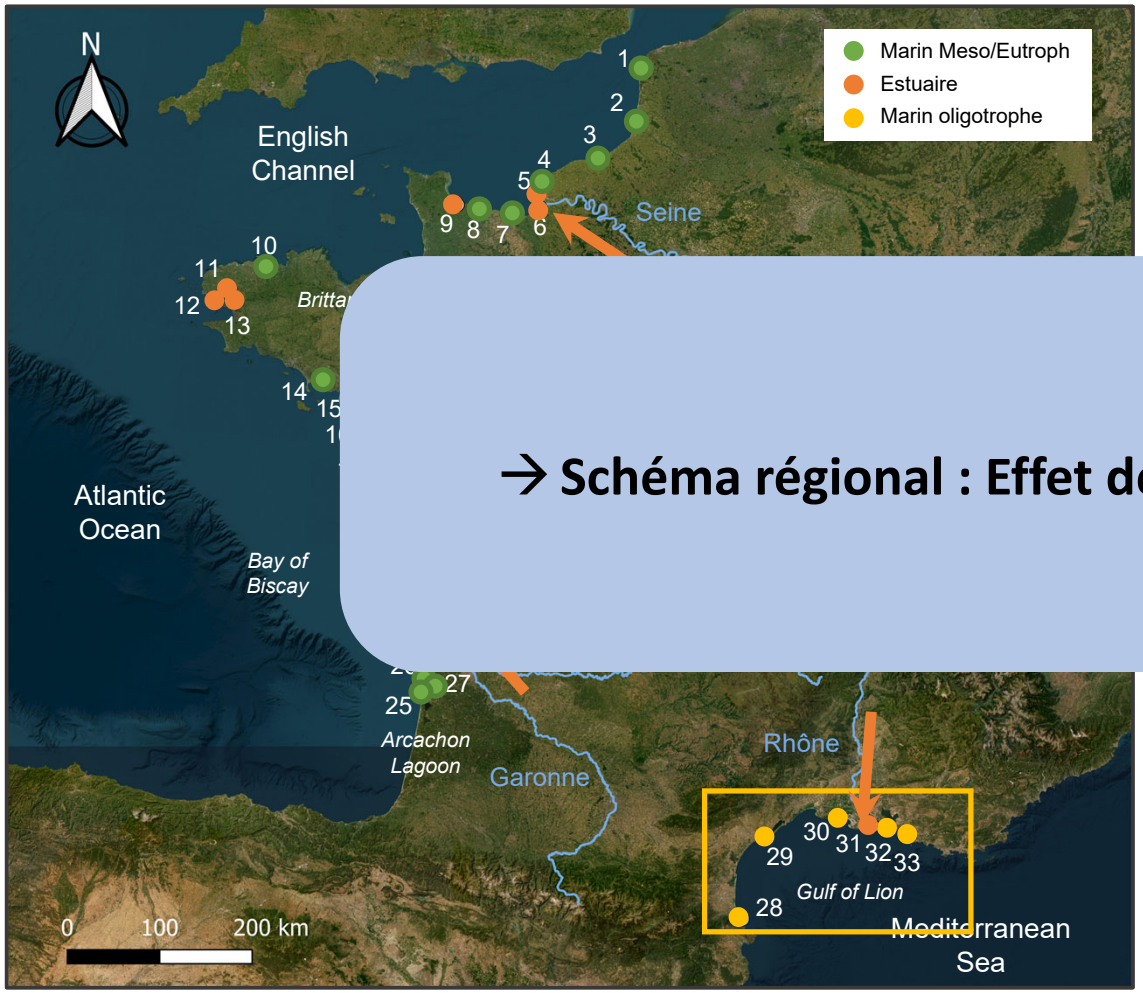




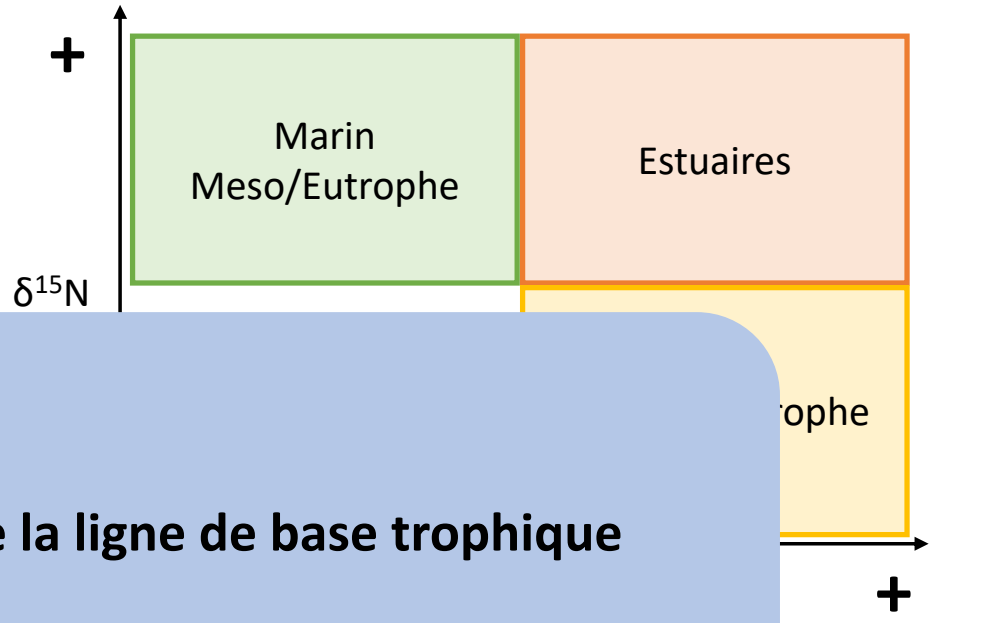
Liénart *et al.* (en préparation - GCB)

Résultats – Effets Régionaux / Locaux

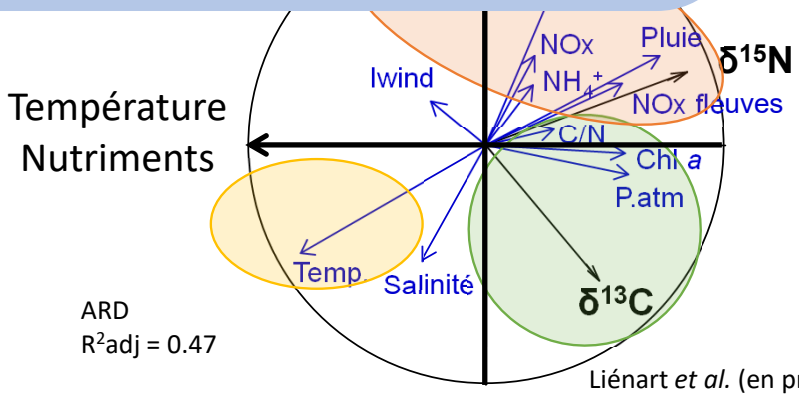
→ Dynamique spatiale : Typologie d'écosystèmes



Groupes issus de l'analyse k-means sur le $\delta^{13}C$ et $\delta^{15}N$



→ Schéma régional : Effet de la ligne de base trophique

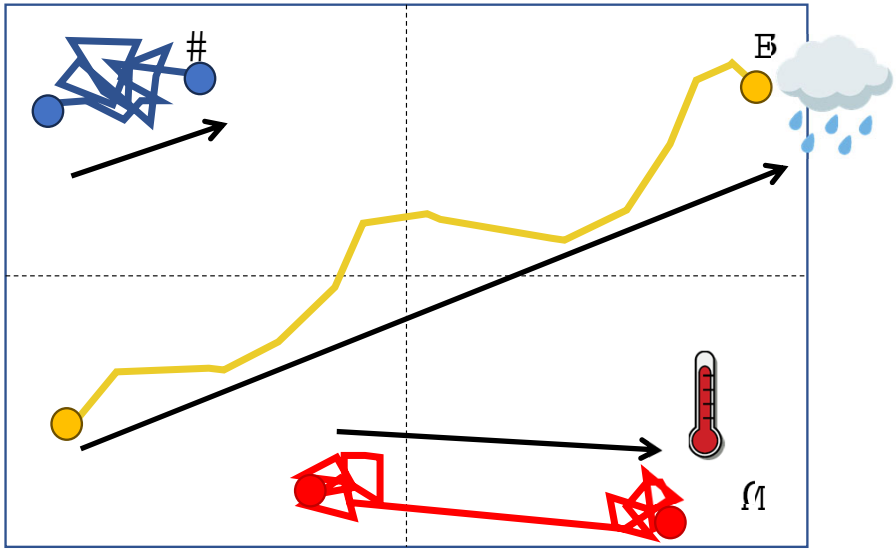


ARD
$R^2adj = 0.47$

Liénart *et al.* (en préparation - GCB)

Résultats – Effets Régionaux / Locaux

→ **Dynamique temporelle : Trajectoire d'écosystèmes**



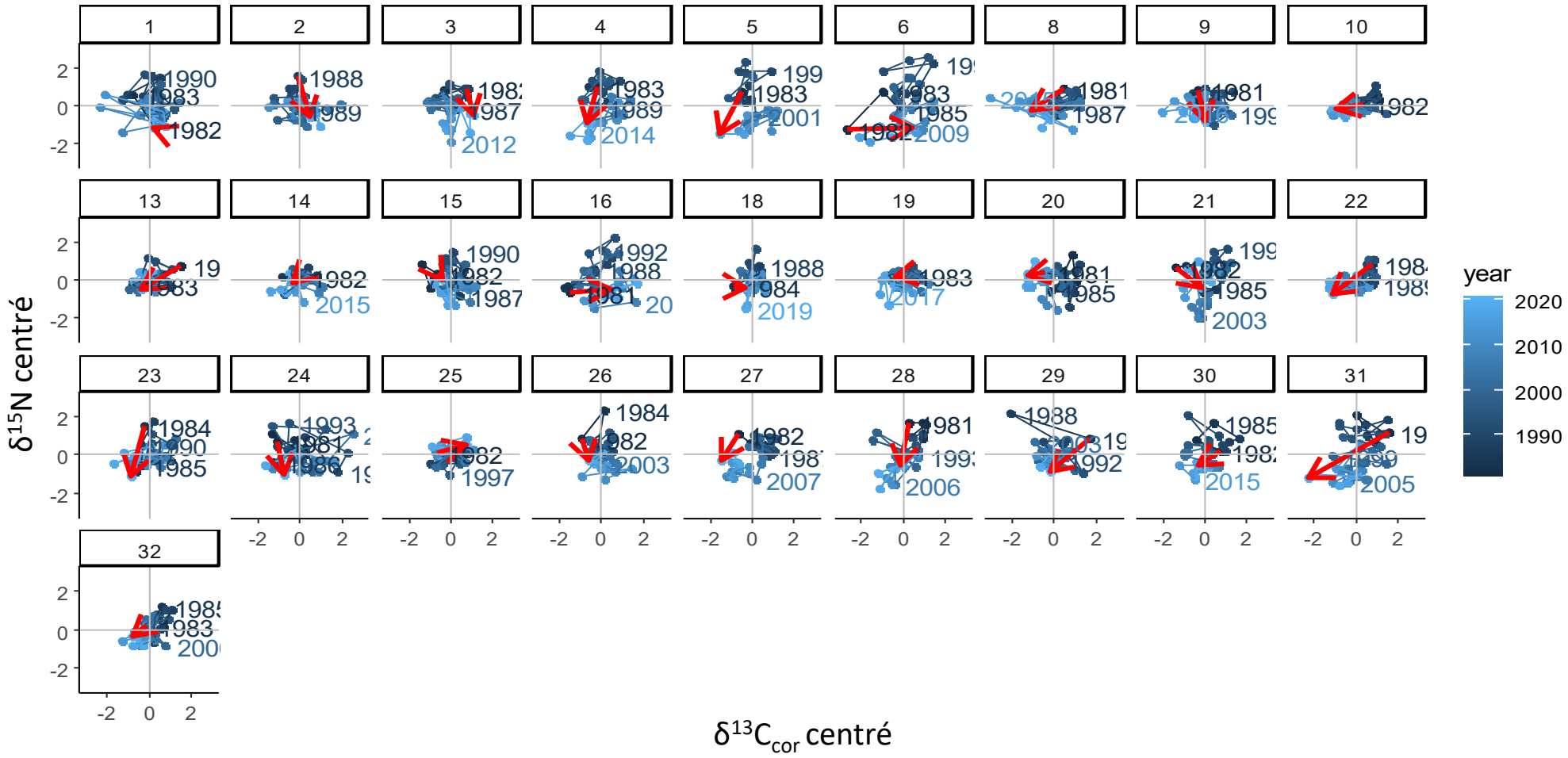
→ Quels forçages environnementaux ?

$\delta^{15}N$ centré

$\delta^{13}C_{cor}$ centré

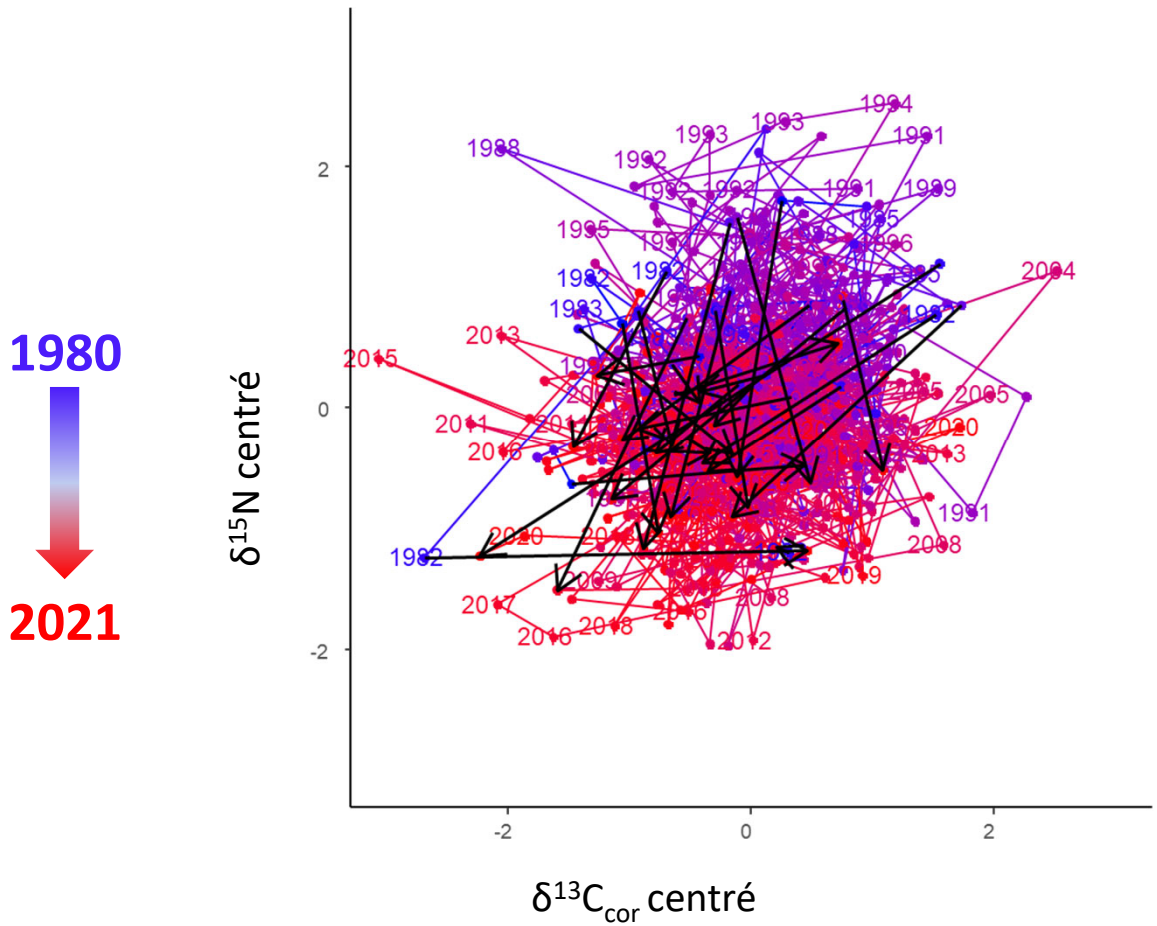
Résultats – Effets Régionaux / Locaux

→ **Dynamique temporelle : Trajectoire d'écosystèmes**



Résultats – Effets Régionaux / Locaux

→ **Dynamique temporelle : Trajectoire d'écosystèmes**



Même amplitude du changement entre les stations / écosystèmes ?

→ Trajectoires sont toutes similaires (suivent le même chemin), indépendamment des différences spatiales.

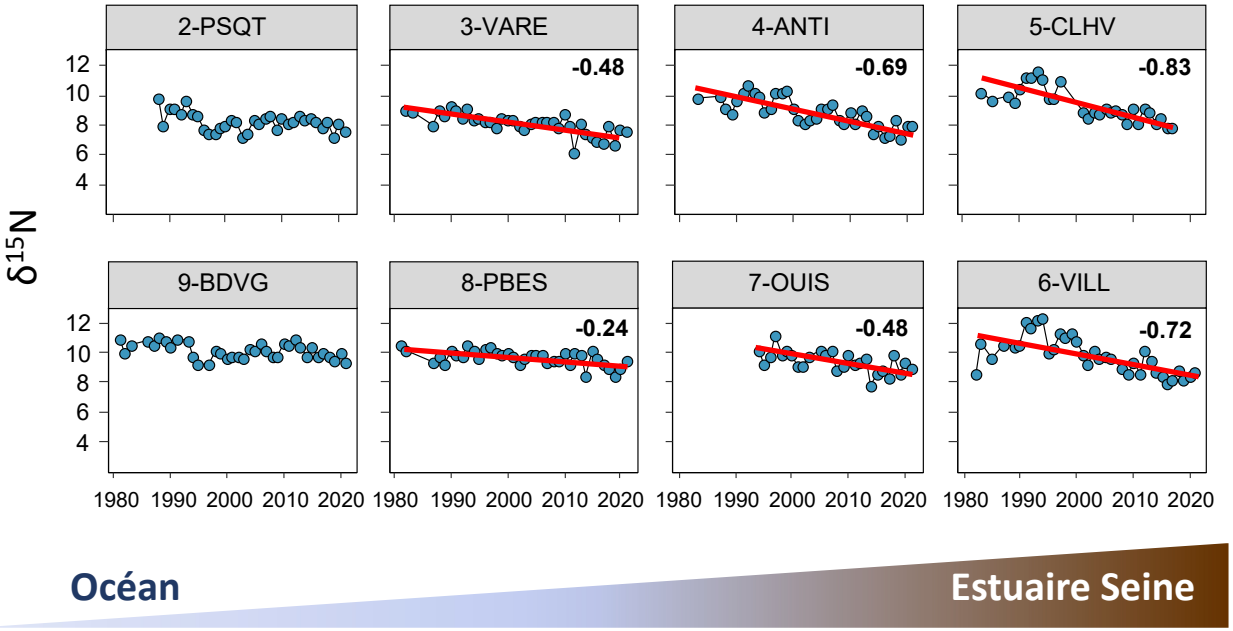
Résultats – Effets Régionaux / Locaux

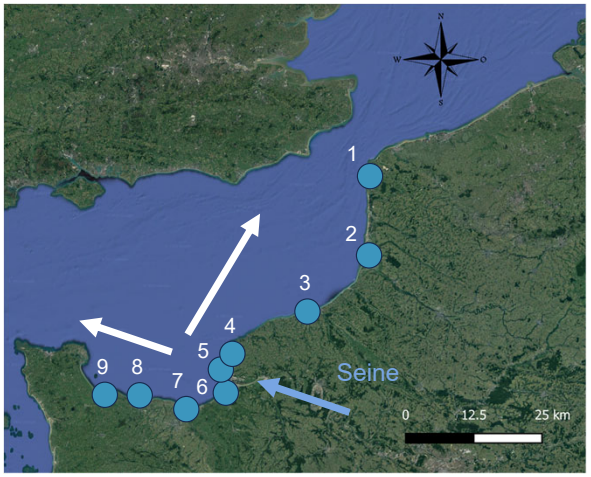
→ Dynamique temporelle : différence d'amplitude du changement au niveau régional

- Tendance générale à la diminution du $\delta^{15}N$

→ Exemple du gradient de la Seine

Diminution des valeurs de pentes du $\delta^{15}N$ avec l'éloignement à l'embouchure de la Seine





Hypothèse environnementales :

Seine (40 ans)
↗ NO_x

Eaux côtières (15 ans)
↗ Température
↘ Chl a

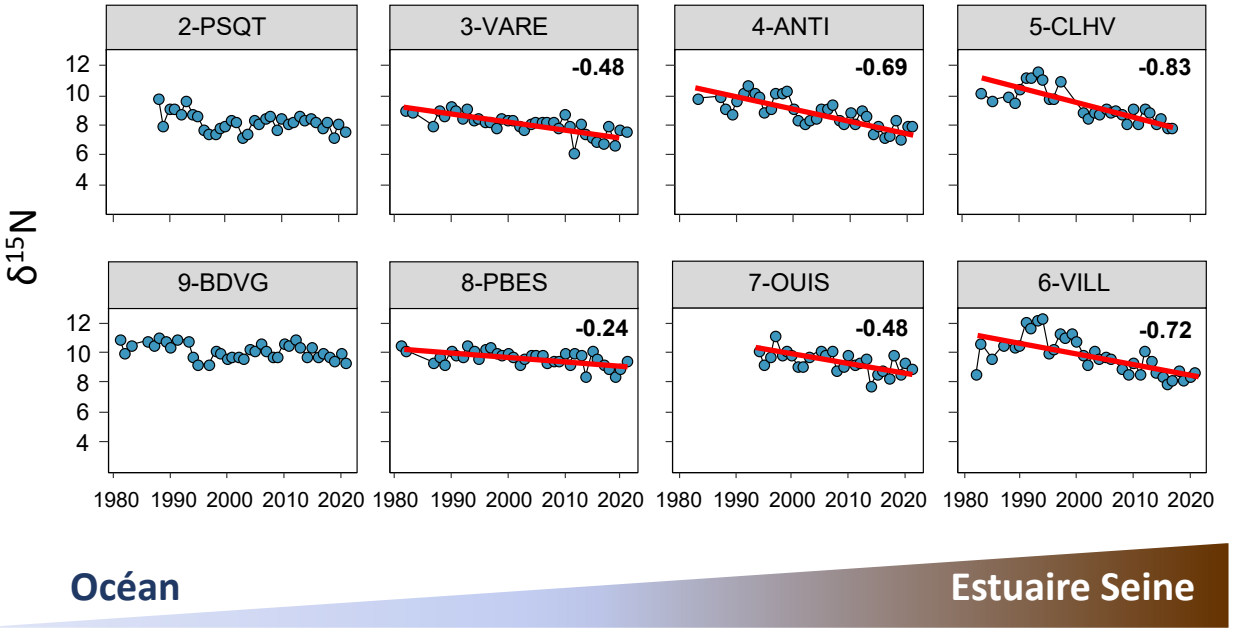
Résultats – Effets Régionaux / Locaux

→ Dynamique temporelle : différence d'amplitude du changement au niveau régional

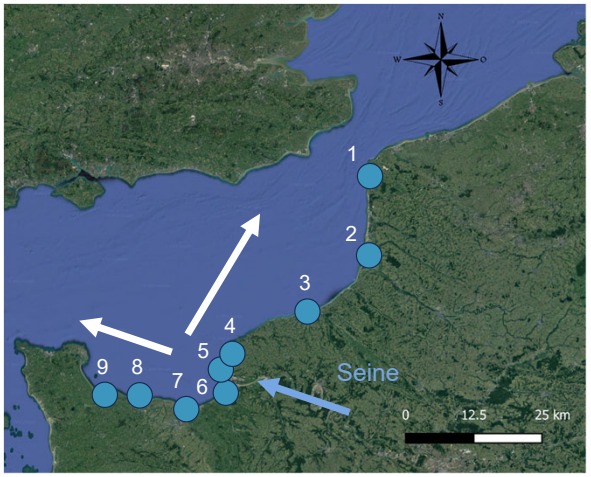
- Tendance générale à la diminution du $\delta^{15}N$

→ Exemple du gradient de la Seine

Diminution des valeurs de pentes du $\delta^{15}N$ avec l'éloignement à l'embouchure de la Seine



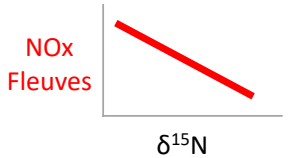
Océan → **Estuaire Seine**



Hypothèse environnementales :

Seine (40 ans)

↗ **NO_x**



→ **Engrais synthétiques appauvri en ^{15}N (apports de l'agriculture)**

(Bateman and Kelly 2007; Choi et al., 2017)

Résultats – Effets Régionaux / Locaux

→ Impact anthropique sur la physiologie des bivalves (C/N)

- Pas de tendance générale à l'évolution pluri-décennale
- Variabilité interannuelle du C/N

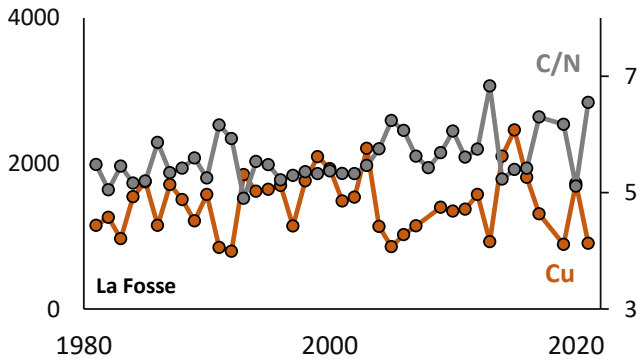
→ Exemple des huîtres en Gironde

C/N ~ concentrations en métaux

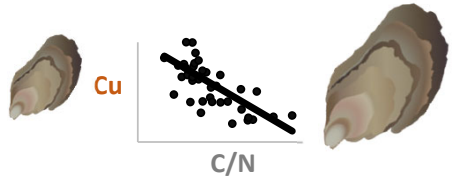
Façade	Site	Cd	Cu	Hg	Pb
Atlantique	Rivedoux	-0,58		-0,56	-0,61
	Boyardville	-0,42	-0,48	-0,66	
	Palles	-0,35	-0,47	-0,56	
	Pontaillac		-0,37	-0,43	
	Fosse	-0,54	-0,68	-0,59	

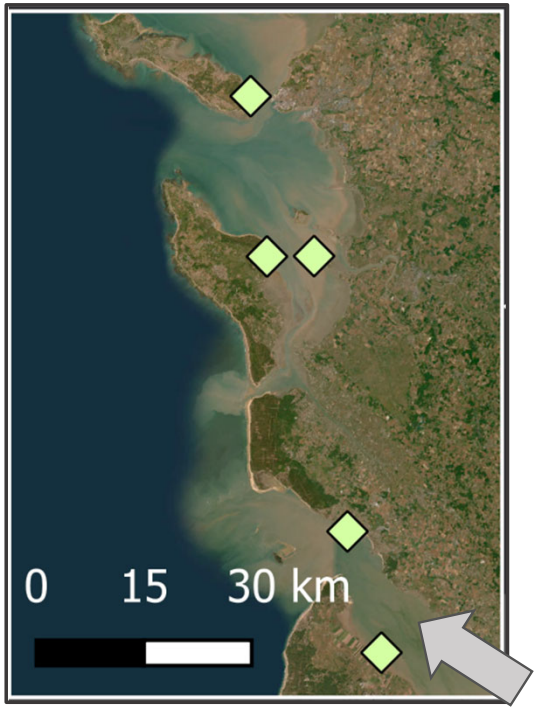
Corrélations de Spearman

Corrélation négative du C/N avec les concentrations en métaux



→ 'Meilleure condition' (C/N élevé) pour de faibles concentrations en contaminants

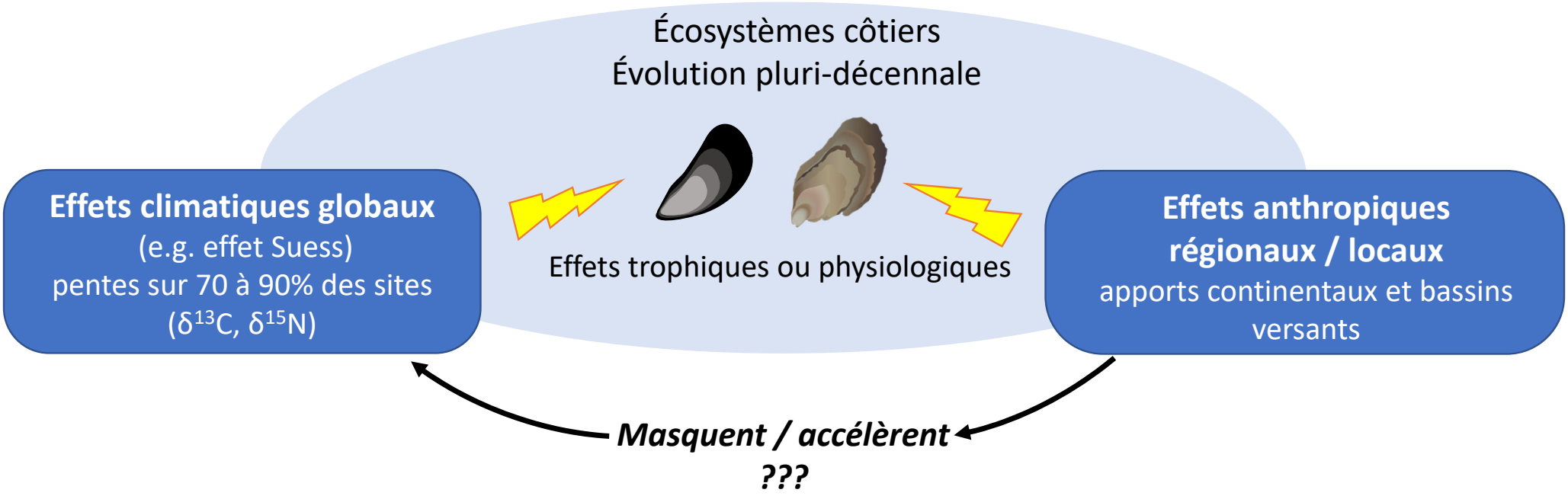




Apports de la viticulture

+ métaux → + protéines détoxifiantes (Metallothioneins) → + azote → C/N faible

Quels sont les effets du changement global sur les zones d'interface continent-océan françaises ?



→ **Comprendre** les liens entre effets **globaux** et **régionaux/locaux** (travail en cours)

→ **Anticiper** et **prédire** la **réponse** des écosystèmes au changement global

Merci pour votre écoute !