

Evolution bi-décennale des nutriments et de leurs rapports dans les écosystèmes côtiers français

Arnaud Lheureux - Brest - 16 Septembre 2021

université
de BORDEAUX

EPOC



somlit
Service d'Observation en Milieu Littoral





Introduction

● Contexte général

- Les nutriments dans les écosystèmes côtiers :
 - Apports ont doublé au cours du 20e siècle (*Beusen et al 2016*)
 - Viennent en majorité des cours d'eau (*Seitzinger et al 2002*)
 - Cycles biogéochimiques sont modifiés par les activités humaines
 - N, P : utilisation des sols (agriculture, urbanisation) (*Galloway et al., 2004, Metson et al., 2017*)
 - Si : création de barrages (*Papush and Danielsson, 2006*)

● Contexte général

- Les nutriments dans les écosystèmes côtiers :
 - Apports ont doublé au cours du 20e siècle (*Beusen et al 2016*)
 - Viennent en majorité des cours d'eau (*Seitzinger et al 2002*)
 - Cycles sont modifiés par les activités humaines
 - N, P : utilisation des sols (agriculture, urbanisation) (*Galloway et al., 2004, Metson et al., 2017*)
 - Si : création de barrages (*Papush and Danielsson, 2006*)
- Les écosystèmes côtiers :
 - Grande diversité
 - Géomorphologie
 - Régime tidal
 - Régime trophique
 - Pression climatique et anthropique



● But et objectifs

- 1- Etudier les caractéristiques des écosystèmes côtiers français



● But et objectifs

- 1- Etudier les caractéristiques des écosystèmes côtiers français
- 2- Etudier l'évolution temporelle des nutriments en réponse au changement global

● But et objectifs

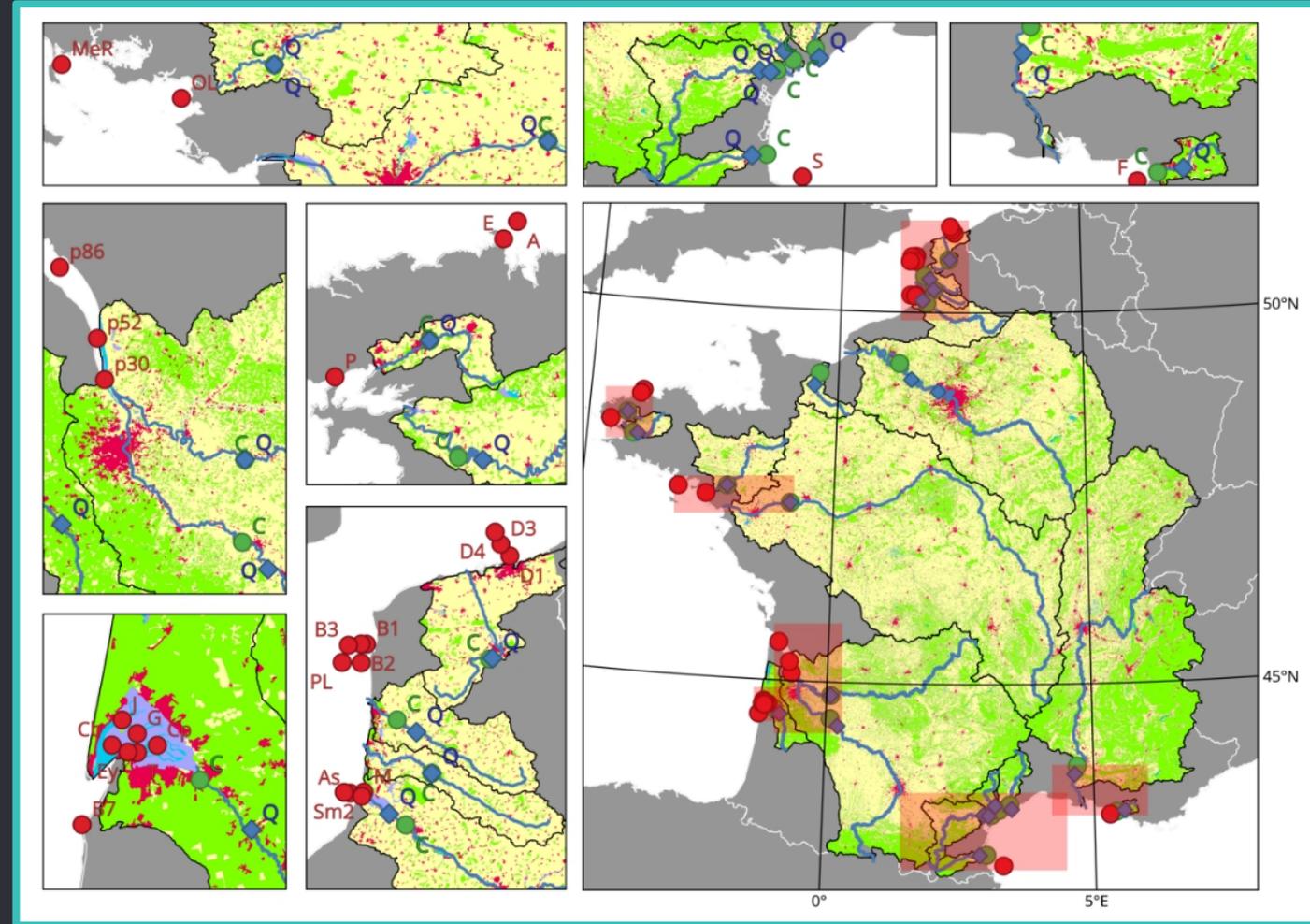
- 1- Etudier les caractéristiques des écosystèmes côtiers français
- 2- Etudier l'évolution temporelle des nutriments en réponse au changement global
- 3- Etablir une typologie d'écosystèmes basée sur leur évolution



Matériel et Méthode

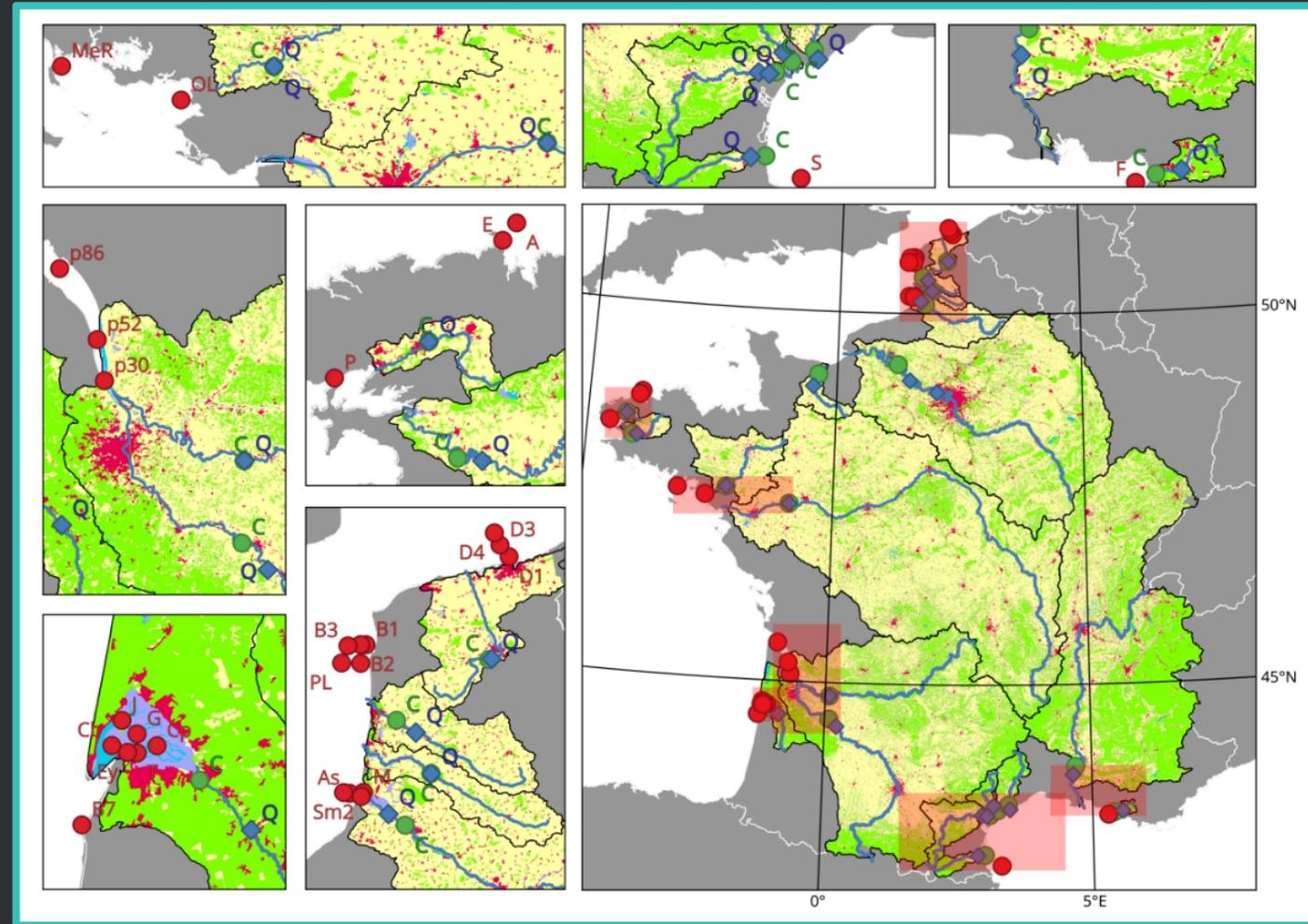
Sites d'étude

- 11 écosystèmes



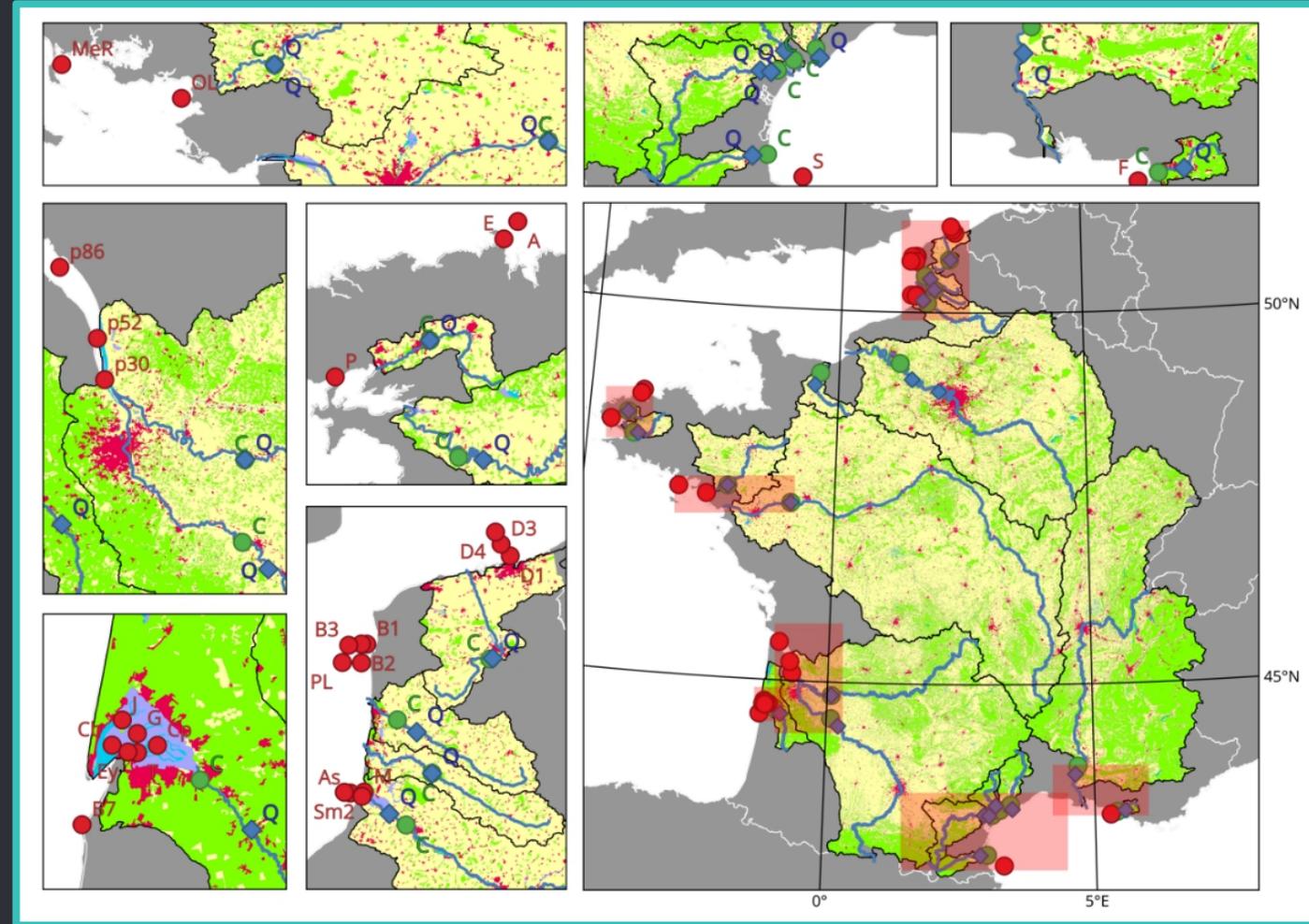
Sites d'étude

- 11 écosystèmes
- 29 stations



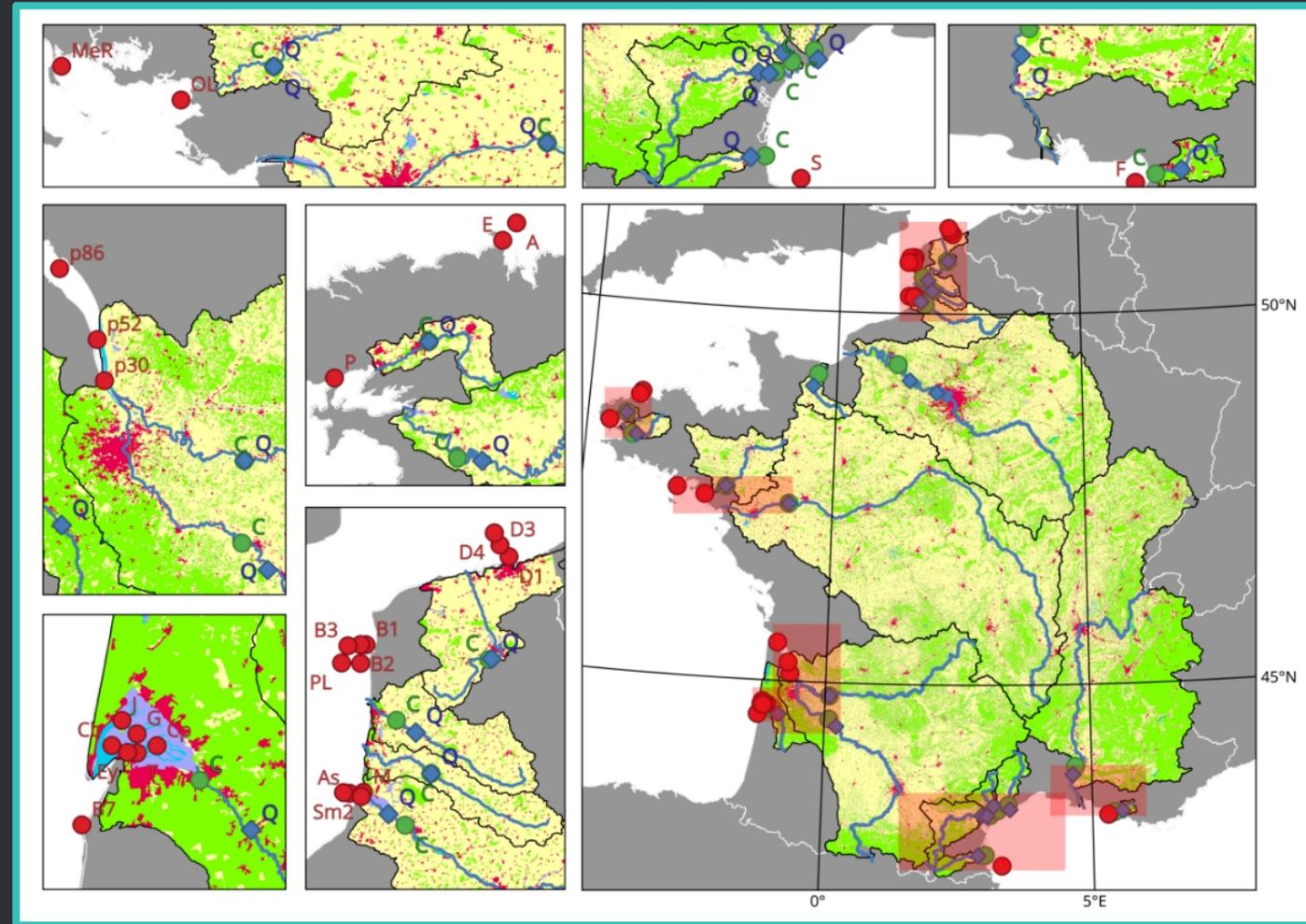
Sites d'étude

- 11 écosystèmes
- 29 stations
- Diversité :
 - Estuaire, baie, lagon, littoraux ouverts



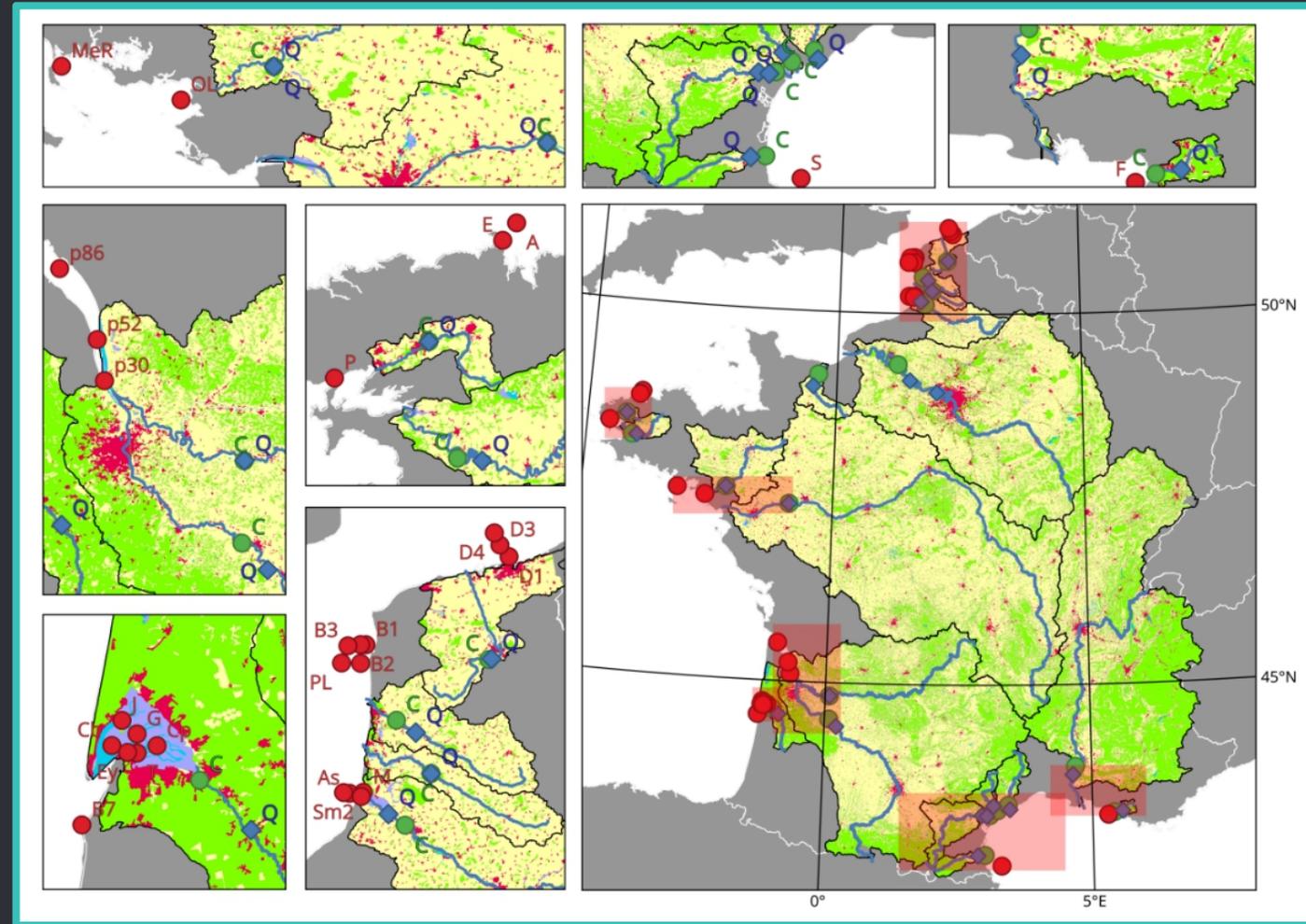
Sites d'étude

- 11 écosystèmes
- 29 stations
- Diversité :
 - Estuaire, baie, lagon, littoraux ouverts
 - Micro- à mégatidal



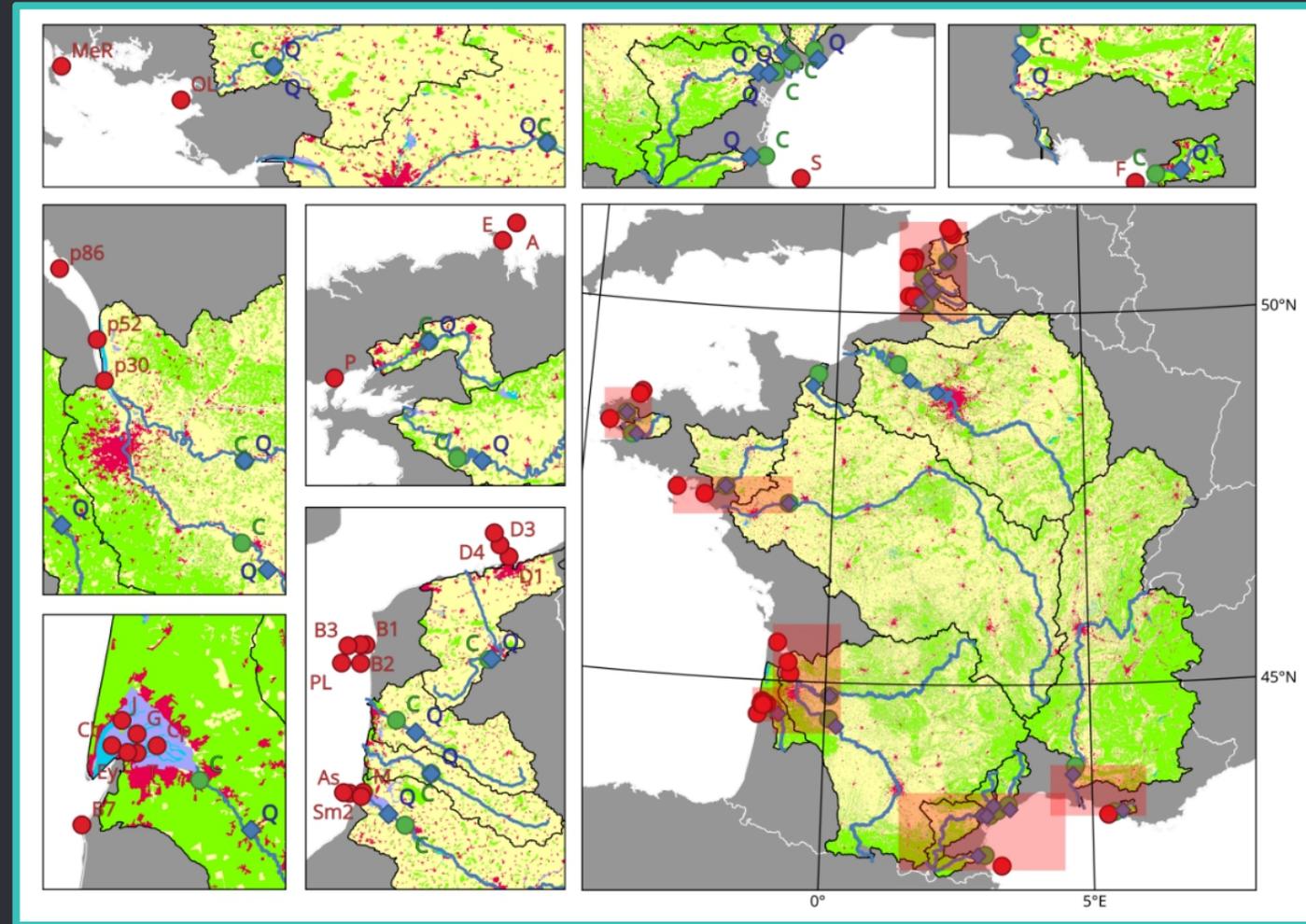
Sites d'étude

- 11 écosystèmes
- 29 stations
- Diversité :
 - Estuaire, baie, lagon, littoraux ouverts
 - Micro- à mégatidal
 - Oligo- à eutrophe



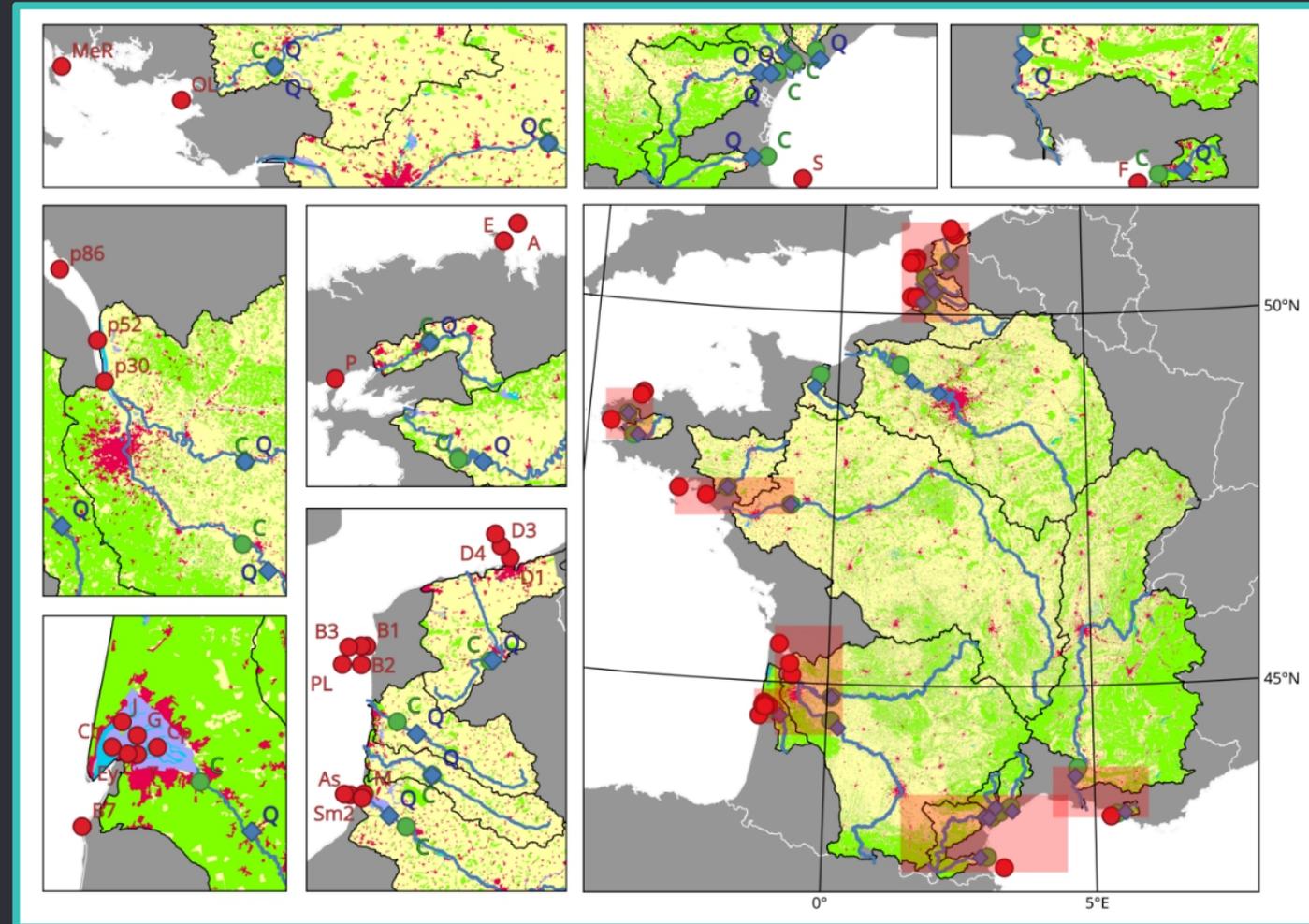
Sites d'étude

- 11 écosystèmes
- 29 stations
- Diversité :
 - Estuaire, baie, lagon, littoraux ouverts
 - Micro- à mégatidal
 - Oligo- à eutrophe
 - Temp 11 à 16°C



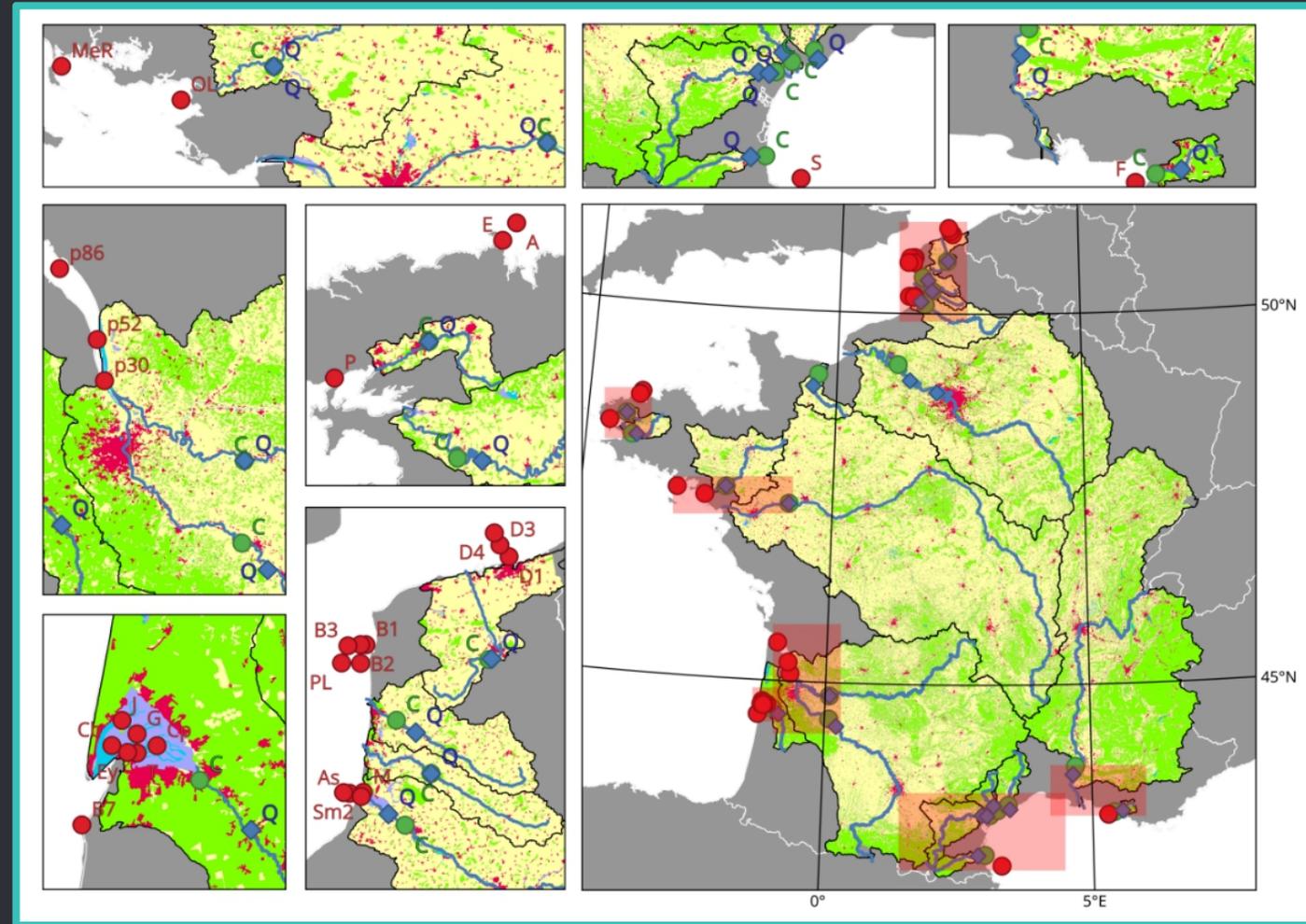
Sites d'étude

- 11 écosystèmes
- 29 stations
- Diversité :
 - Estuaire, baie, lagon, littoraux ouverts
 - Micro- à mégatidal
 - Oligo- à eutrophe
 - Temp 11 à 16°C
 - Pluies 50 à 90 mm



Sites d'étude

- 11 écosystèmes
- 29 stations
- Diversité :
 - Estuaire, baie, lagon, littoraux ouverts
 - Micro- à mégatidal
 - Oligo- à eutrophe
 - Temp 11 à 16°C
 - Pluies 50 à 90 mm
 - Débits 0 à 1000 m³.s⁻¹



● Paramètres

- 4 nutriments

- NO_x , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si(OH)_4 + rapports N/P, Si/N, Si/P

● Paramètres

○ 4 nutriments

- NO_x , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si(OH)_4 + rapports N/P, Si/N, Si/P
- 3 variables accompagnatrices (wT, S, CHLA)

● Paramètres

○ 4 nutriments

- NO_x , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si(OH)_4 + rapports N/P, Si/N, Si/P
- 3 variables accompagnatrices (wT, S, CHLA)
- 3 variables continentales (Q, NO_x , NH_4^+)

● Paramètres

○ 4 nutriments

- NO_x , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si(OH)_4 + rapports N/P, Si/N, Si/P
- 3 variables accompagnatrices (wT, S, CHLA)
- 3 variables continentales (Q, NO_x , NH_4^+)
- 7 variables climatiques locales (aT, vents x3, pression, pluie, rayonnement)

● Paramètres

○ 4 nutriments

- NO_x , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si(OH)_4 + rapports N/P, Si/N, Si/P
- 3 variables accompagnatrices (wT, S, CHLA)
- 3 variables continentales (Q, NO_x , NH_4^+)
- 7 variables climatiques locales (aT, vents x3, pression, pluie, rayonnement)
- 11 variables climatiques large-échelle (AMO, NAO...)

● Paramètres

- 4 nutriments
 - NO_x , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si(OH)_4 + rapports N/P, Si/N, Si/P
 - 3 variables accompagnatrices (wT, S, CHLA)
 - 3 variables continentales (Q, NO_x , NH_4^+)
 - 7 variables climatiques locales (aT, vents x3, pression, pluie, rayonnement)
 - 11 variables climatiques large-échelle (AMO, NAO...)
- Janvier 2000 à Décembre 2019



- # Analyses statistiques

- 1- Extraction des tendances long-terme (DLM)

A vertical line on the left side of the slide, featuring four circles of varying colors: a teal circle at the top, two white circles, a grey circle, and another teal circle at the bottom.

• Analyses statistiques

- 1- Extraction des tendances long-terme (DLM)
- 2- Etudes des écosystèmes
 - Cherche les co-structures entre les nutriments et les forçages (analyse en coinertie)

A vertical line on the left side of the slide, featuring a teal circle at the top, two white circles, a grey circle, and a teal circle at the bottom.

• Analyses statistiques

- 1- Extraction des tendances long-terme (DLM)
- 2- Etudes des écosystèmes
 - Cherche les co-structures entre les nutriments et les forçages (analyse en coinertie)
 - Considérer «l'effet de site» (BGCOIA)

● Analyses statistiques

- 1- Extraction des tendances long-terme (DLM)
- 2- Etudes des écosystèmes
 - Cherche les co-structures entre les nutriments et les forçages (analyse en coinertie)
 - Considérer «l'effet de site» (BGCOIA)
 - Chercher ce qu'il reste (WGCOIA)

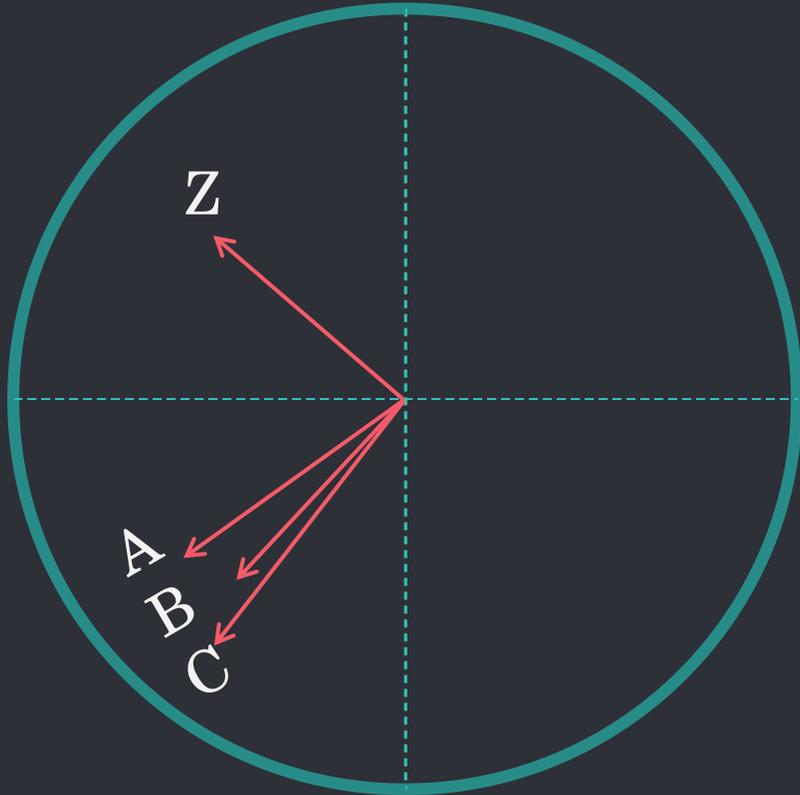
● Analyses statistiques

- 1- Extraction des tendances long-terme (DLM)
- 2- Etudes des écosystèmes
 - Cherche les co-structures entre les nutriments et les forçages (analyse en coinertie)
 - Considérer «l'effet de site» (BGCOIA)
 - Chercher ce qu'il reste (WGCOIA)
- 3- Typologie
 - Classer les stations pour similarité à chaque date
 - Regrouper ces informations
 - Pourcentage d'appartenance à chaque groupe



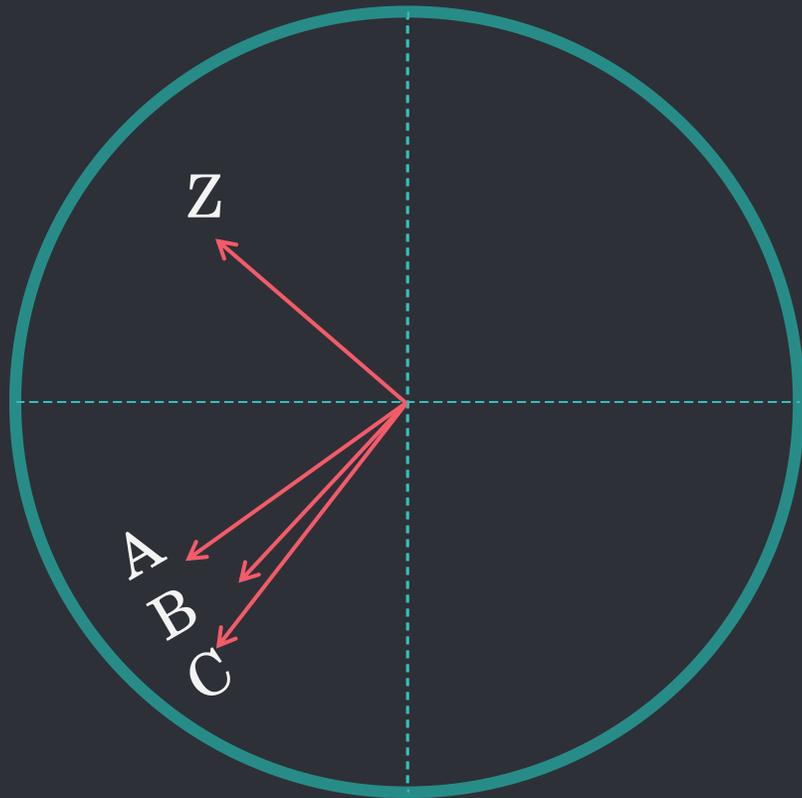
Résultats

- Lecture des résultats



Caractérisation des stations par
les variables

- Lecture des résultats



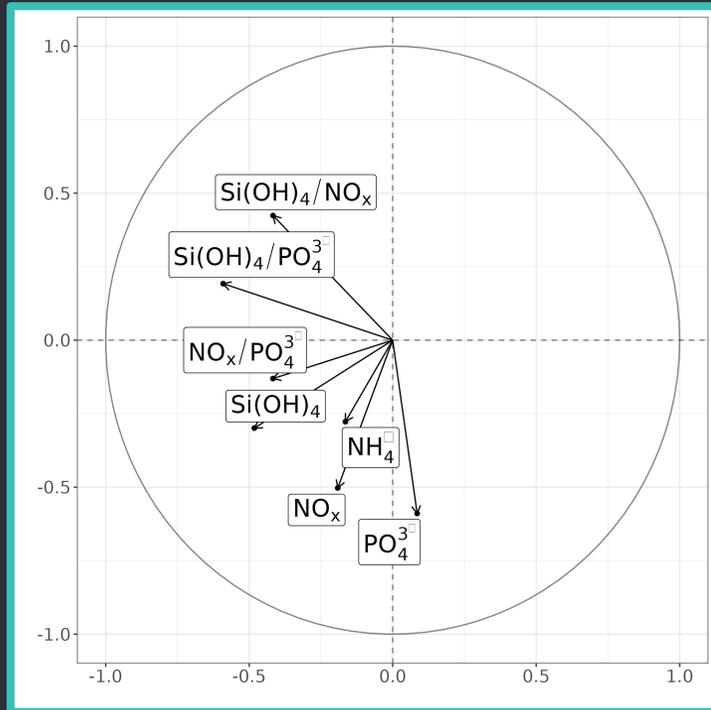
Caractérisation des stations par
les variables



Position des stations

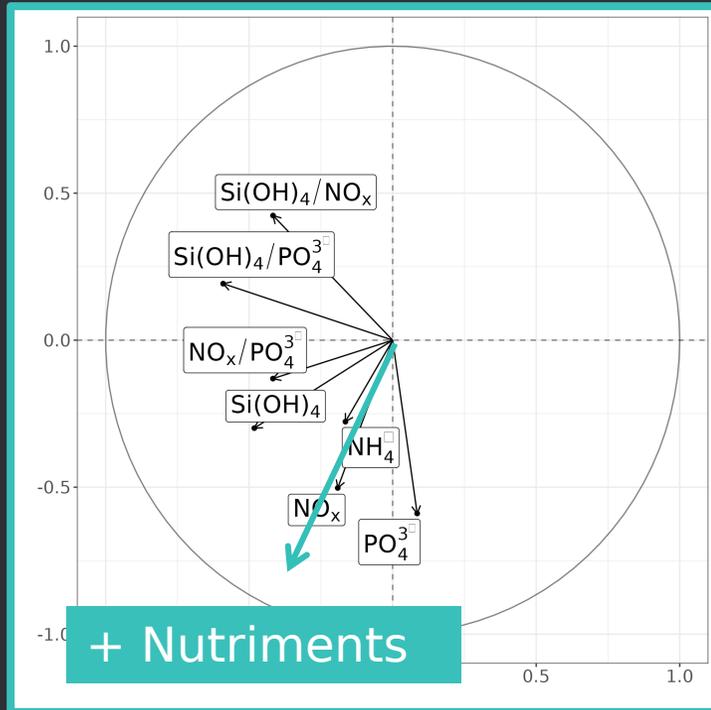
• Caractéristiques générales des écosystèmes

Nutriments



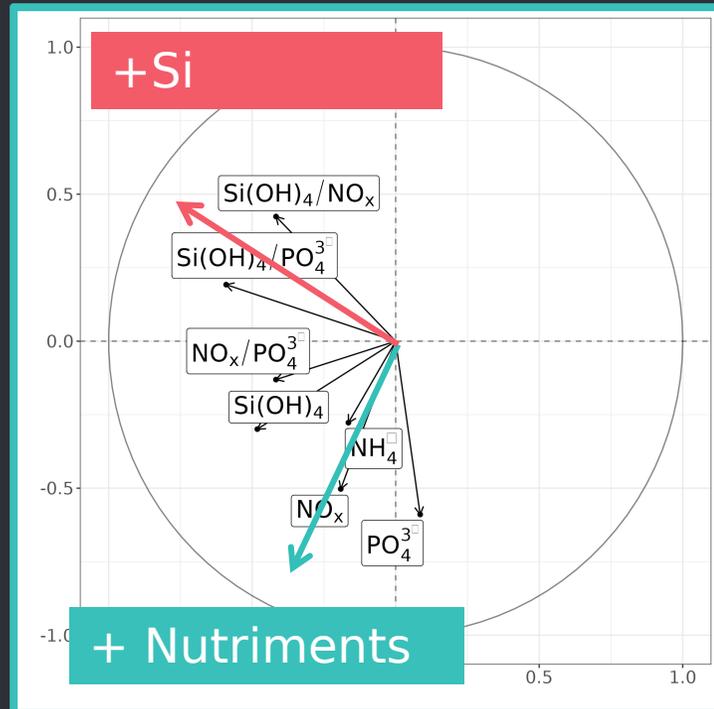
• Caractéristiques générales des écosystèmes

Nutriments



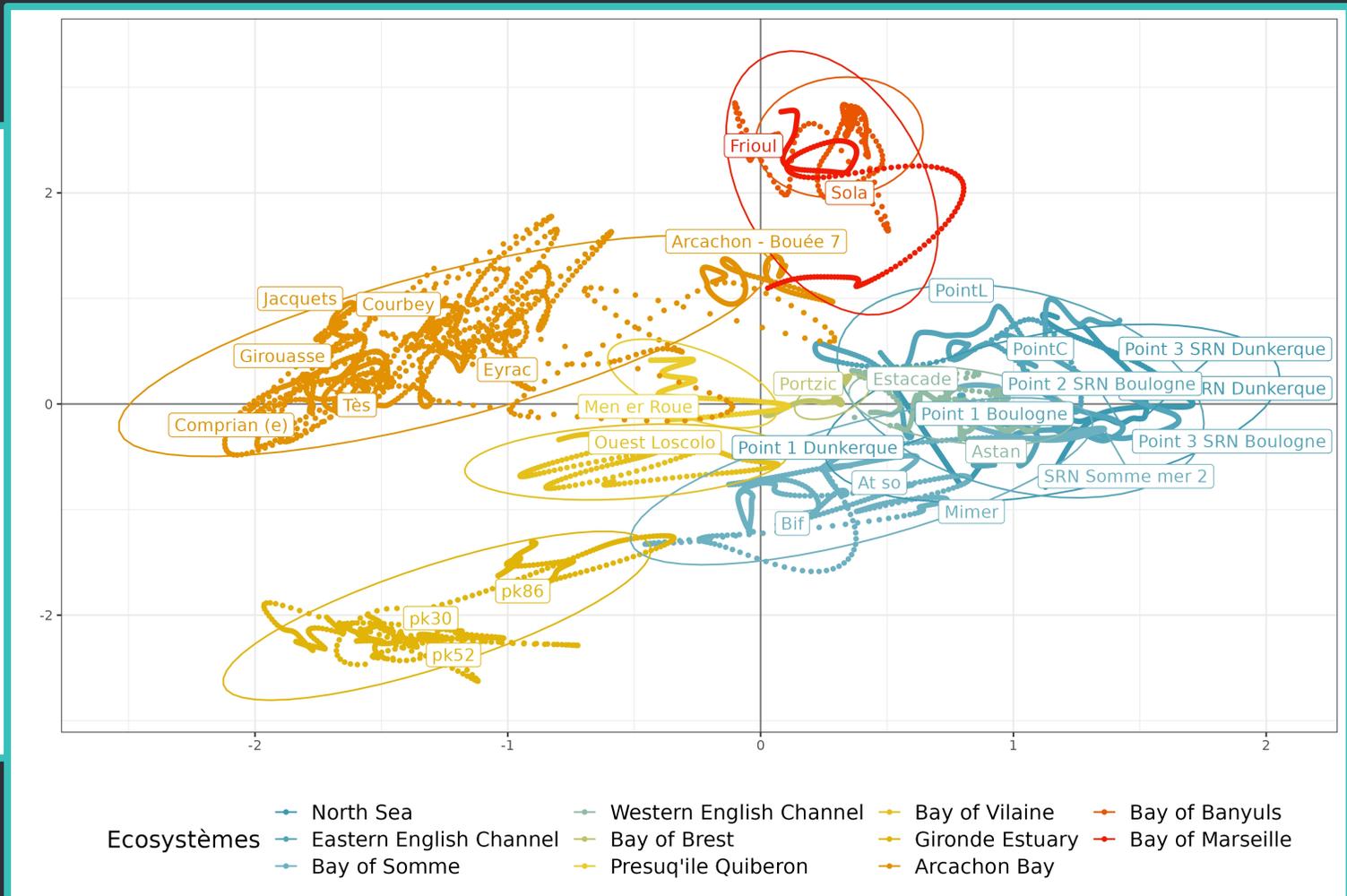
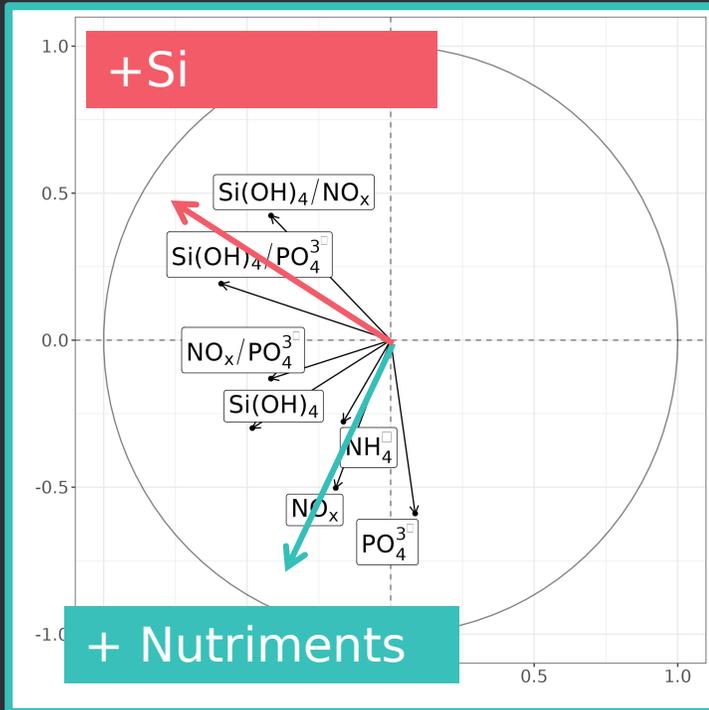
• Caractéristiques générales des écosystèmes

Nutriments



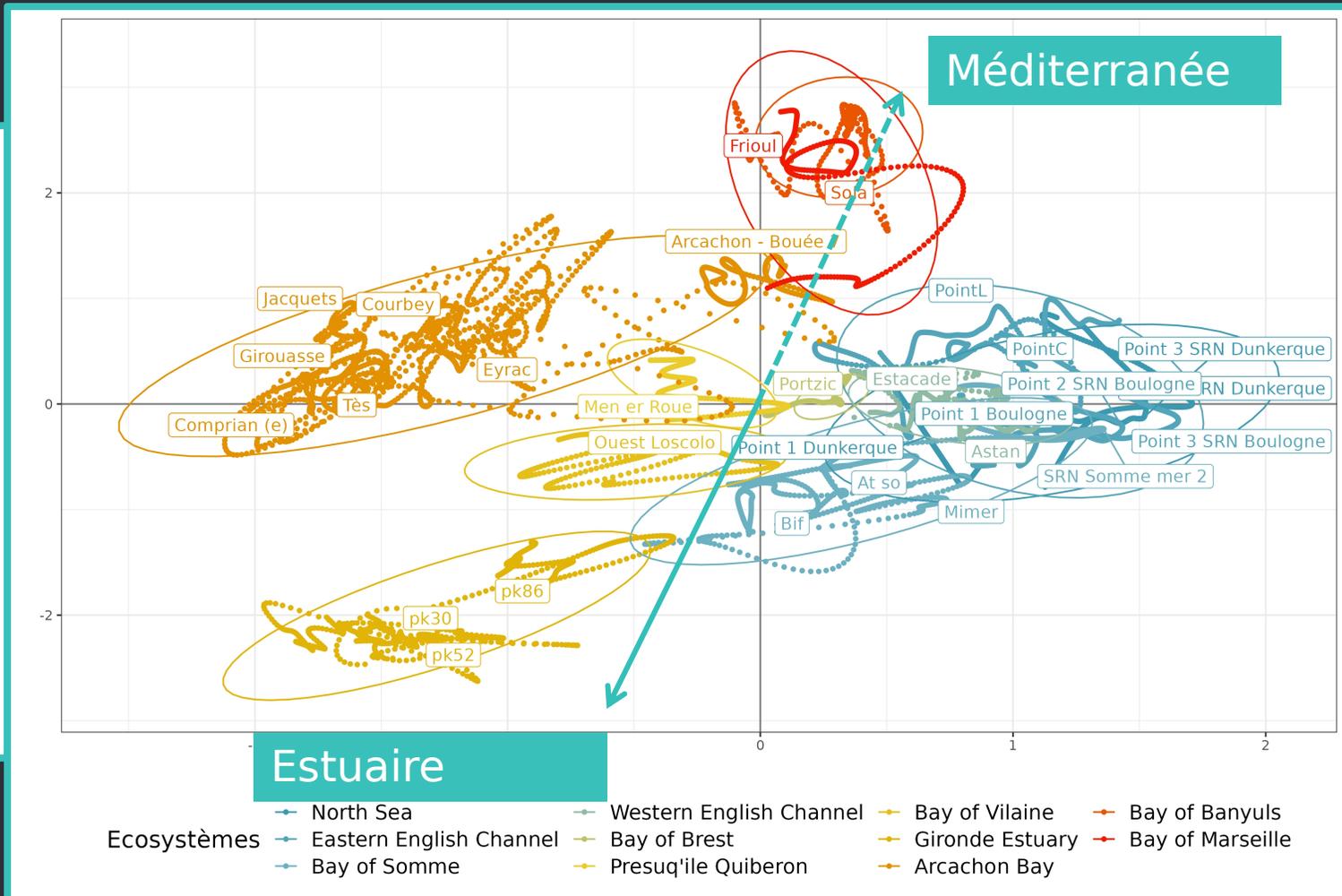
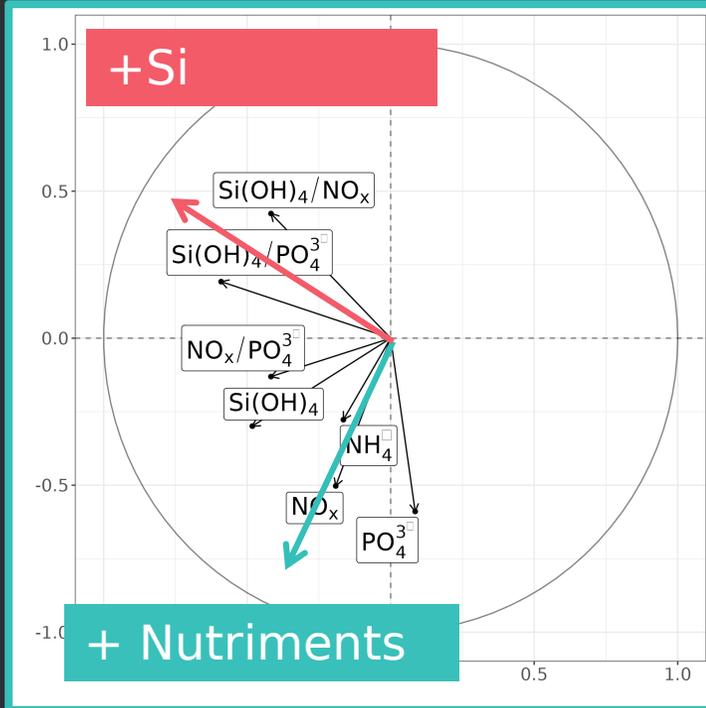
Caractéristiques générales des écosystèmes

Nutriments



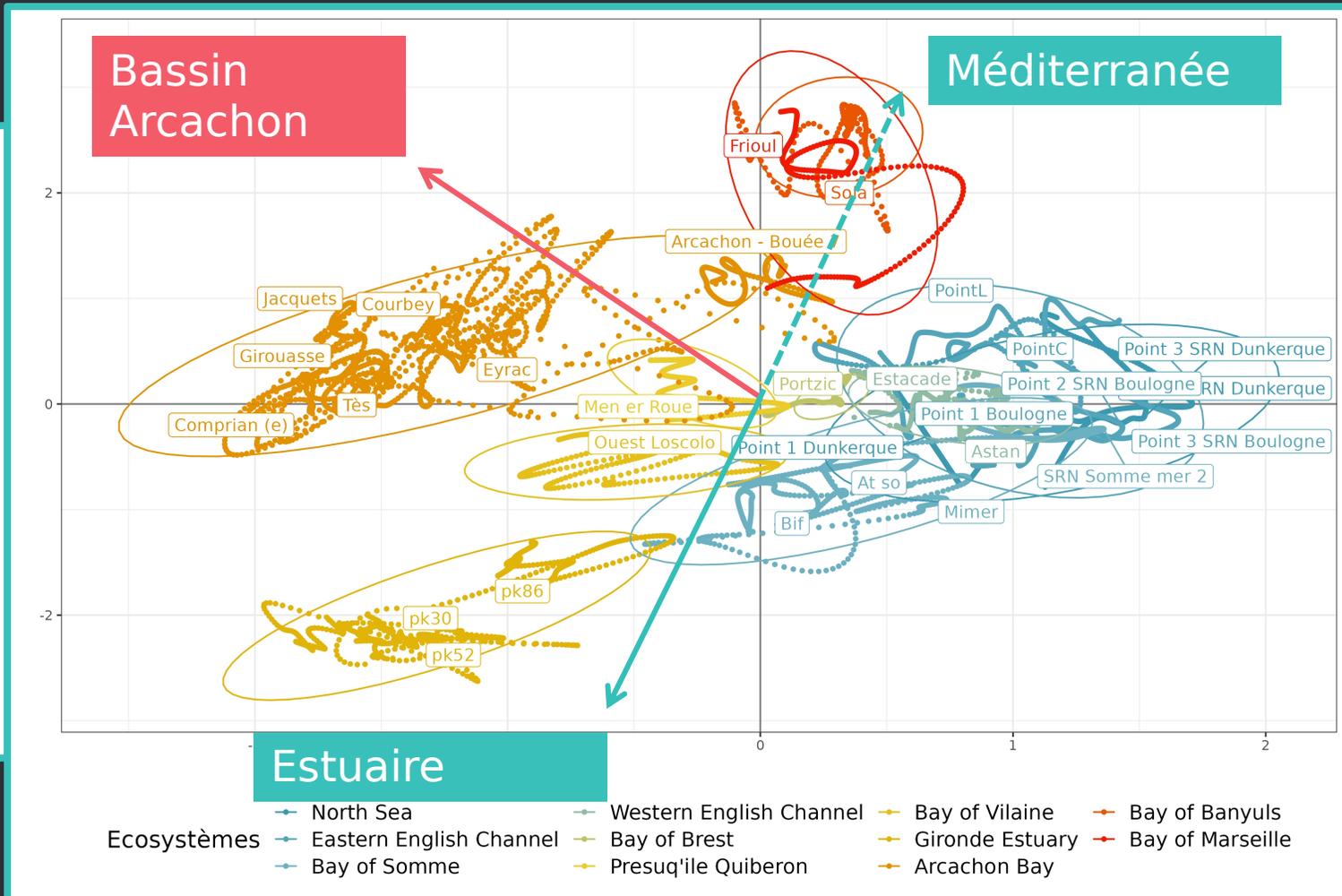
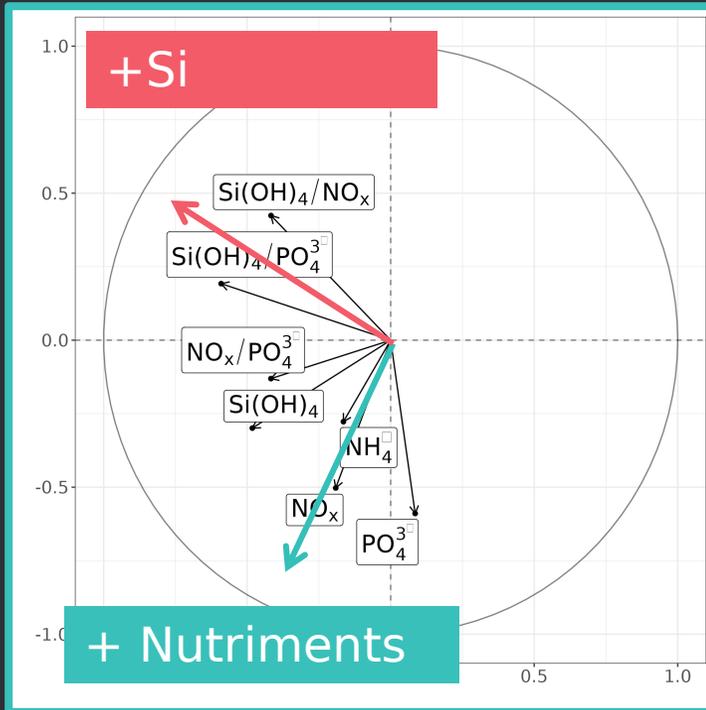
Caractéristiques générales des écosystèmes

Nutriments



Caractéristiques générales des écosystèmes

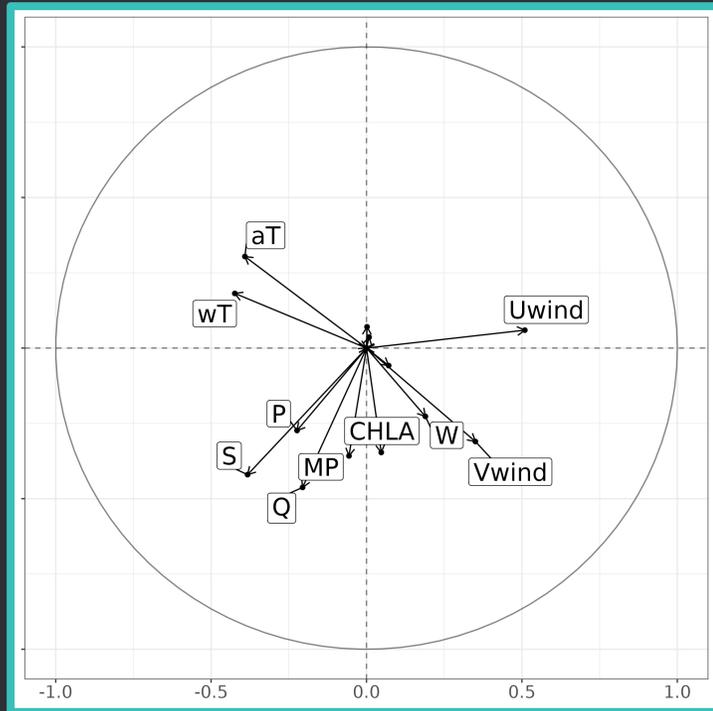
Nutriments



- Ecosystèmes
- North Sea
 - Eastern English Channel
 - Bay of Somme
 - Western English Channel
 - Bay of Brest
 - Presqu'île Quiberon
 - Bay of Vilaine
 - Gironde Estuaire
 - Arcachon Bay
 - Bay of Banyuls
 - Bay of Marseille

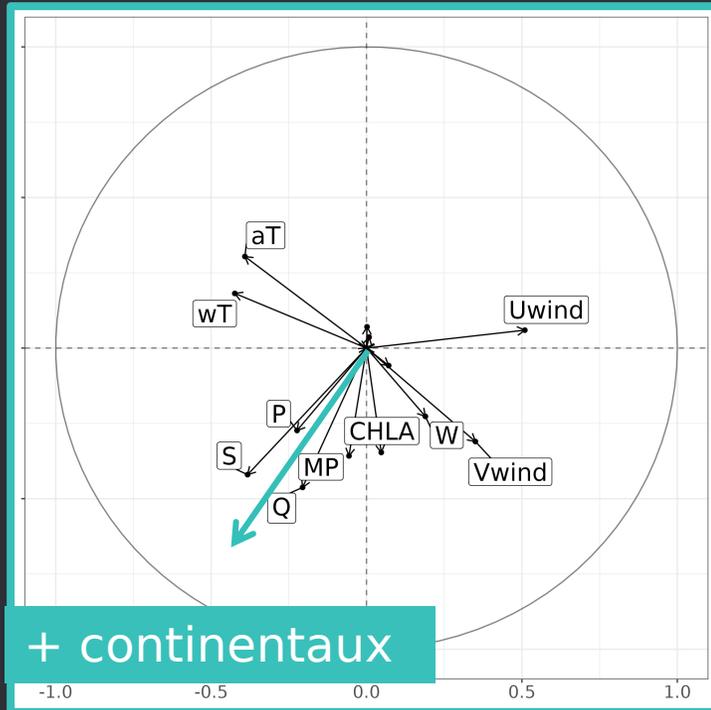
• Caractéristiques générales des écosystèmes

Forçages



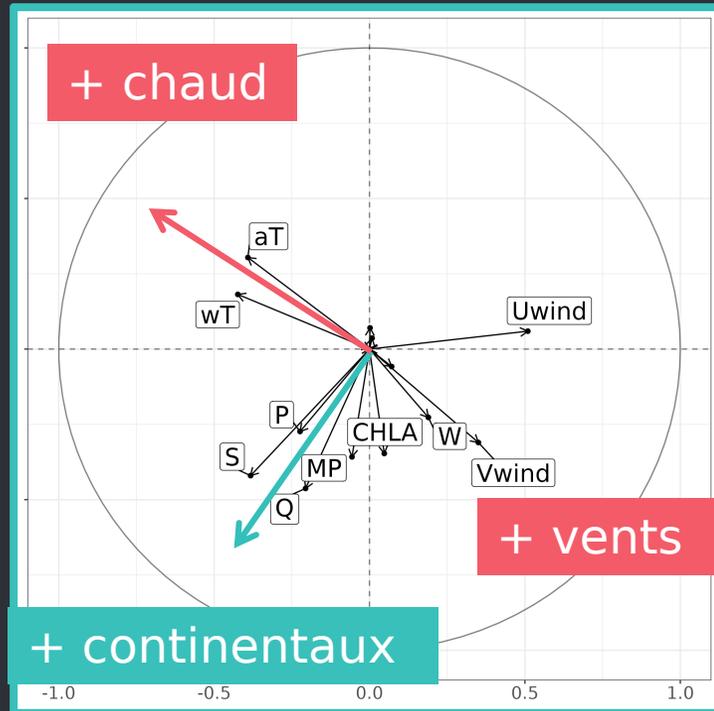
• Caractéristiques générales des écosystèmes

Forçages



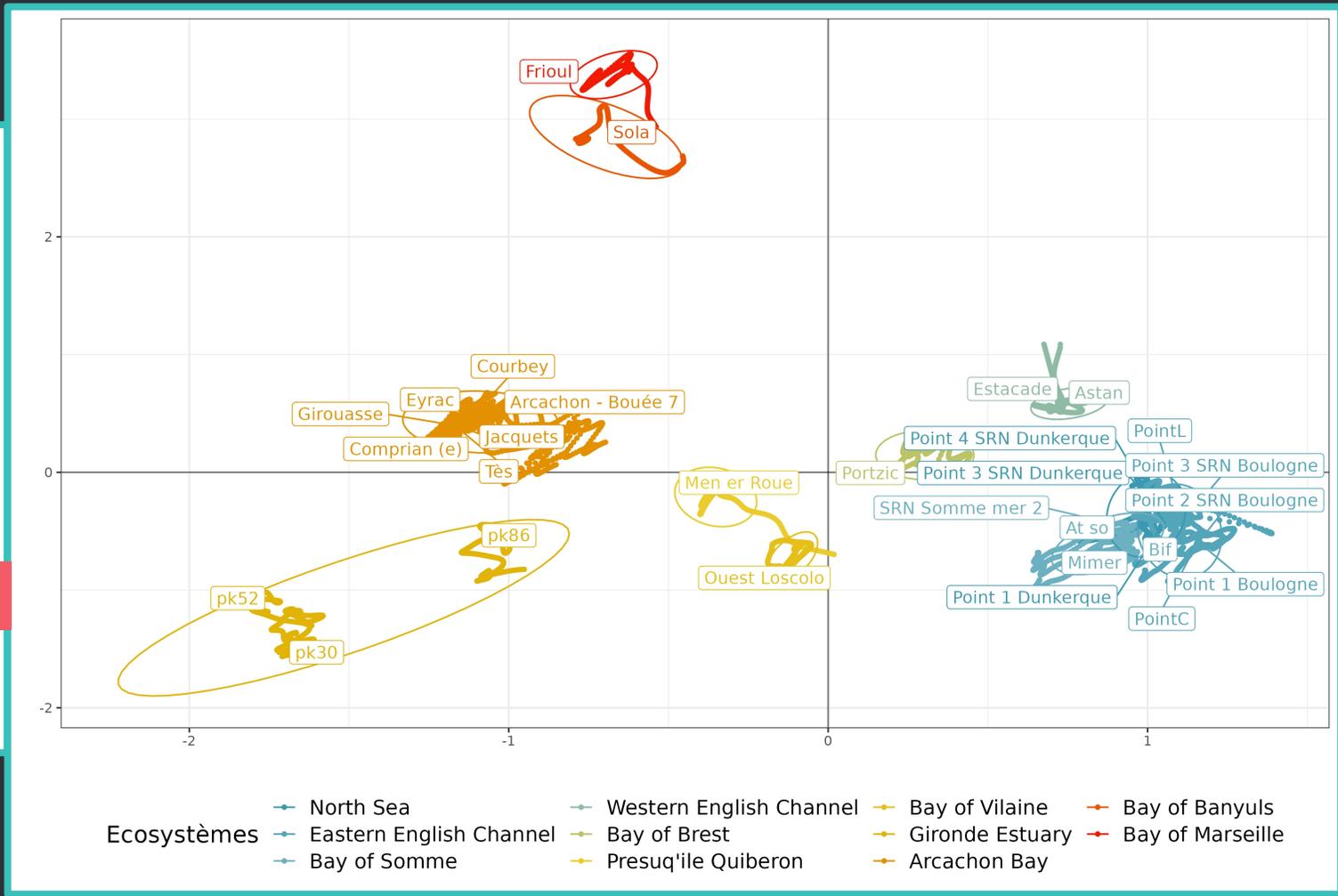
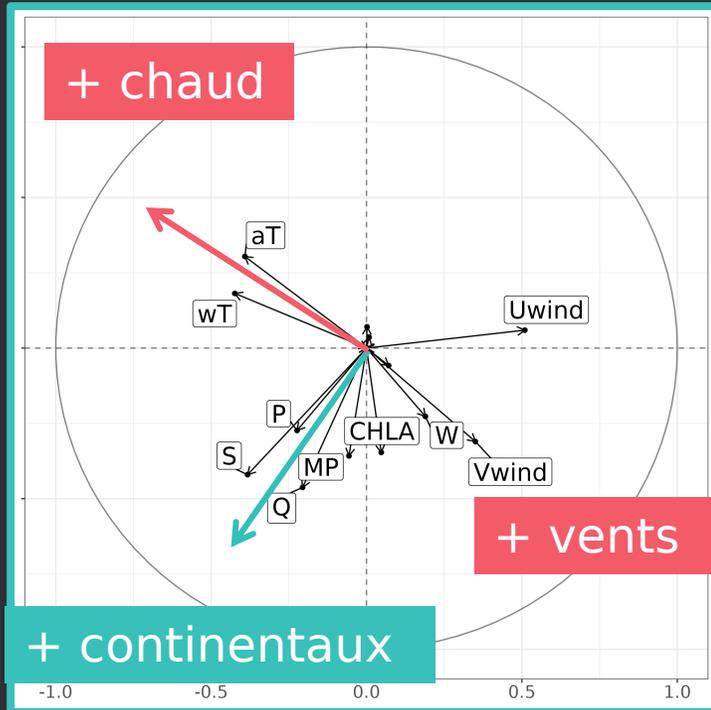
• Caractéristiques générales des écosystèmes

Forçages



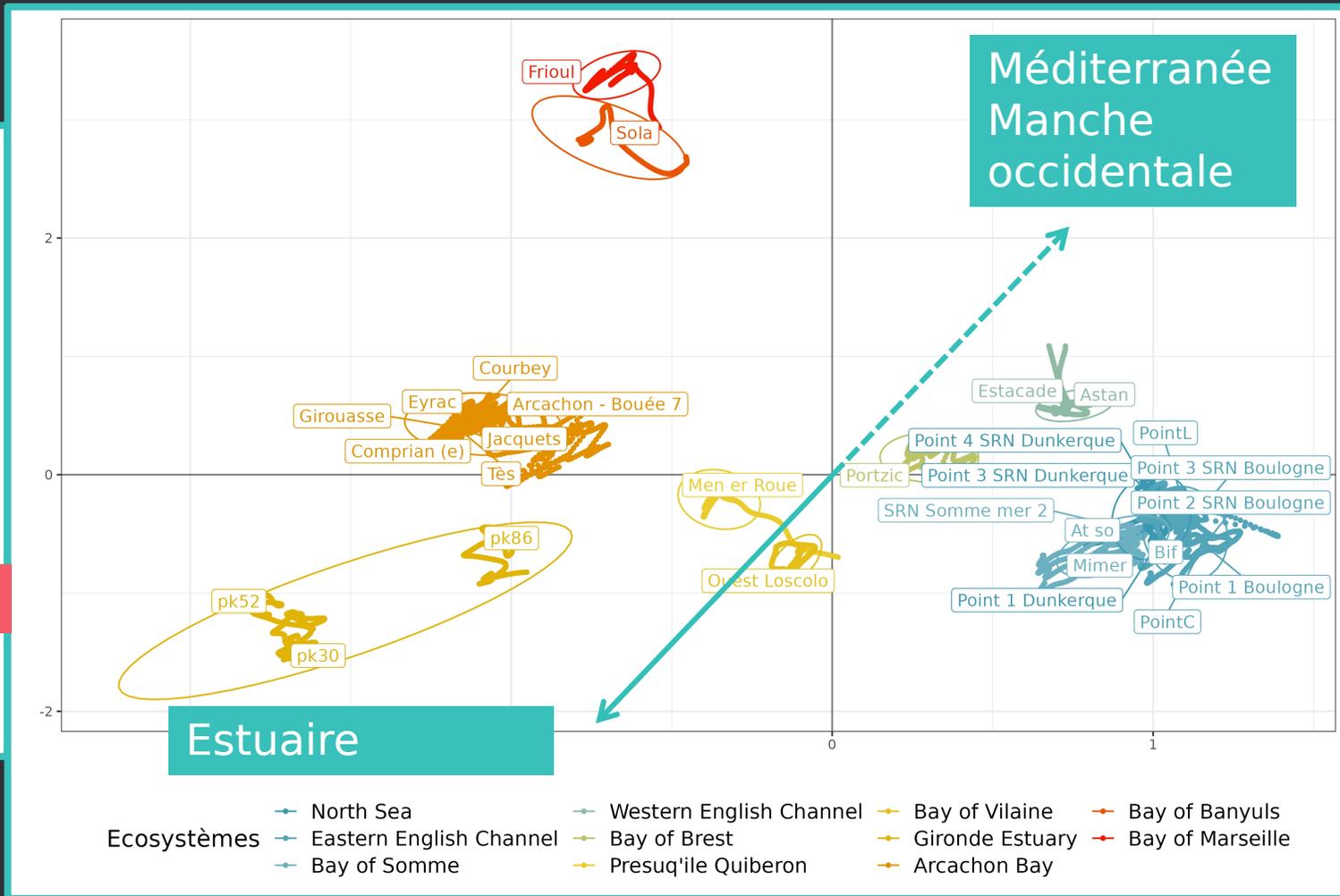
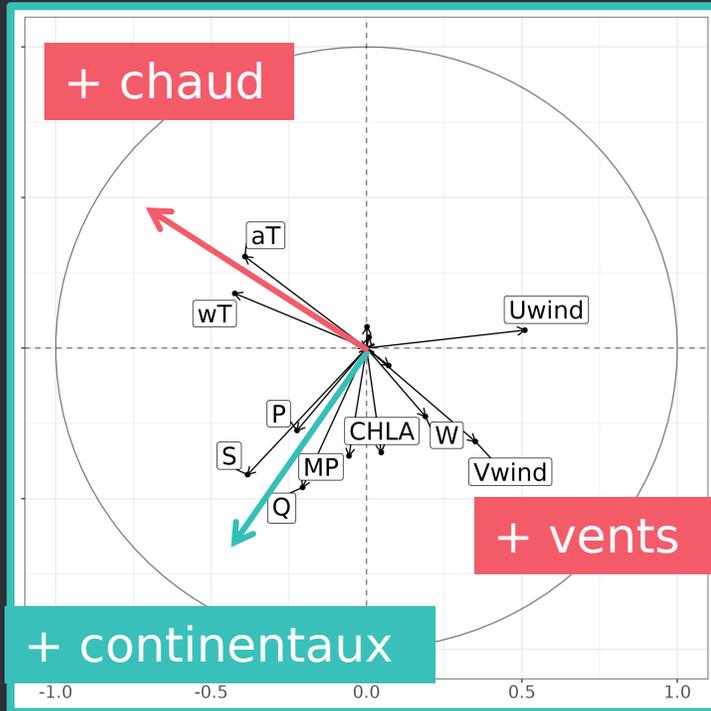
Caractéristiques générales des écosystèmes

Forçages



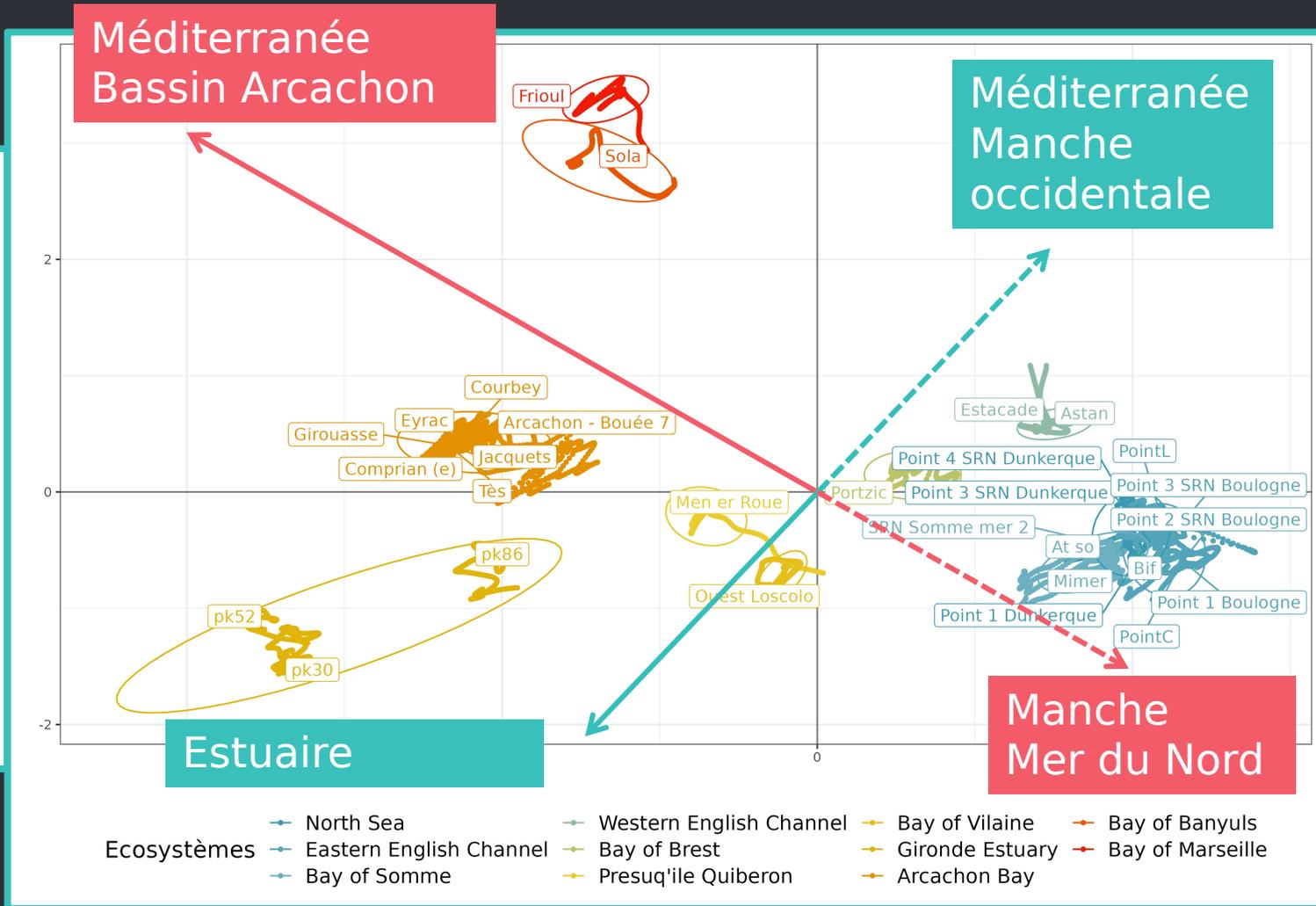
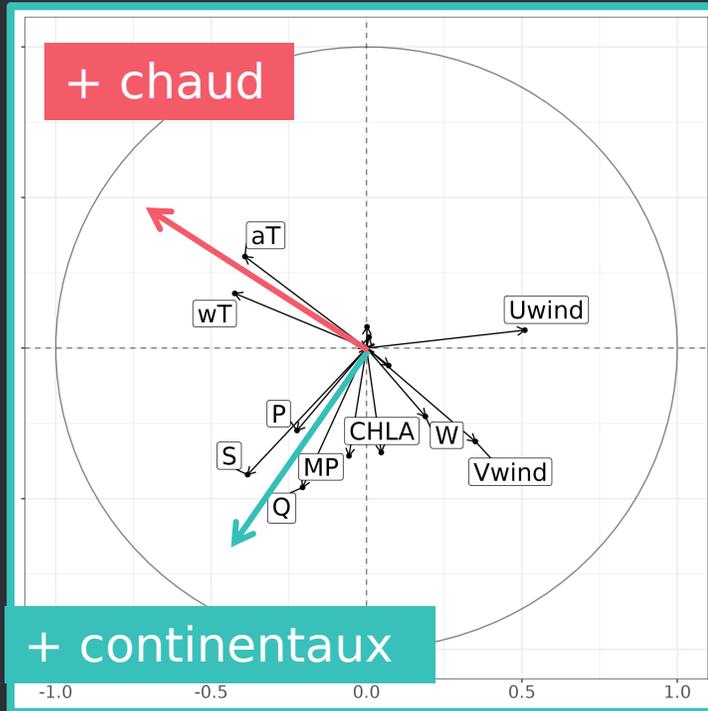
Caractéristiques générales des écosystèmes

Forçages



Caractéristiques générales des écosystèmes

Forçages





- **Caractéristiques générales des écosystèmes**

- Structures similaires nutriments *vs* forçages

A vertical line on the left side of the slide, featuring five circles of varying colors: a teal circle at the top, a grey circle, a white circle, another white circle, and a teal circle at the bottom.

• Caractéristiques générales des écosystèmes

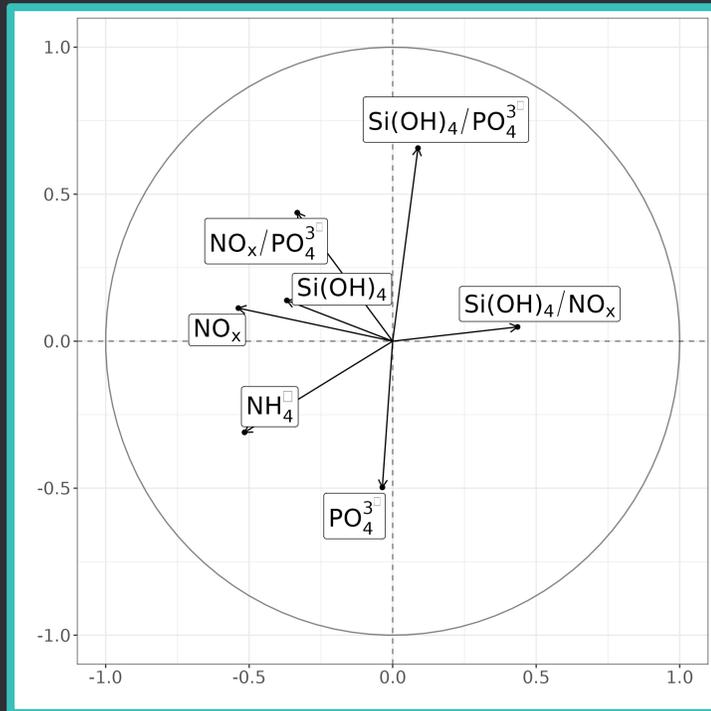
- Structures similaires nutriments *vs* forçages
 - Sites eutrophes *vs* sites oligotrophes
 - Sites continentaux *vs* sites océaniques
 - Sites chauds *vs* sites froids

• Caractéristiques générales des écosystèmes

- Structures similaires nutriments *vs* forçages
 - Sites eutrophes *vs* sites oligotrophes
 - Sites continentaux *vs* sites océaniques
 - Sites chauds *vs* sites froids
- Spatialisation importante
 - Caractéristiques locales des écosystèmes
 - Climat
 - Apports continentaux

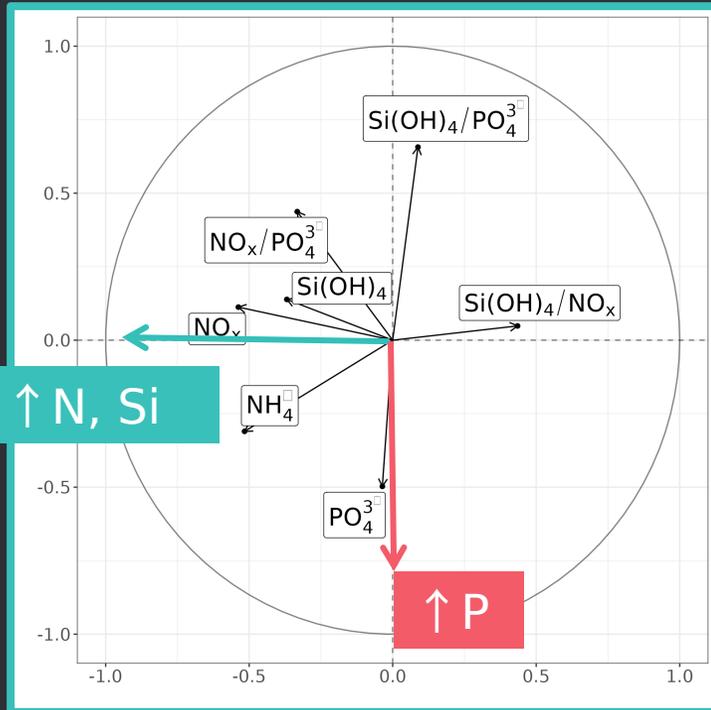
● Evolution temporelle

Nutriments



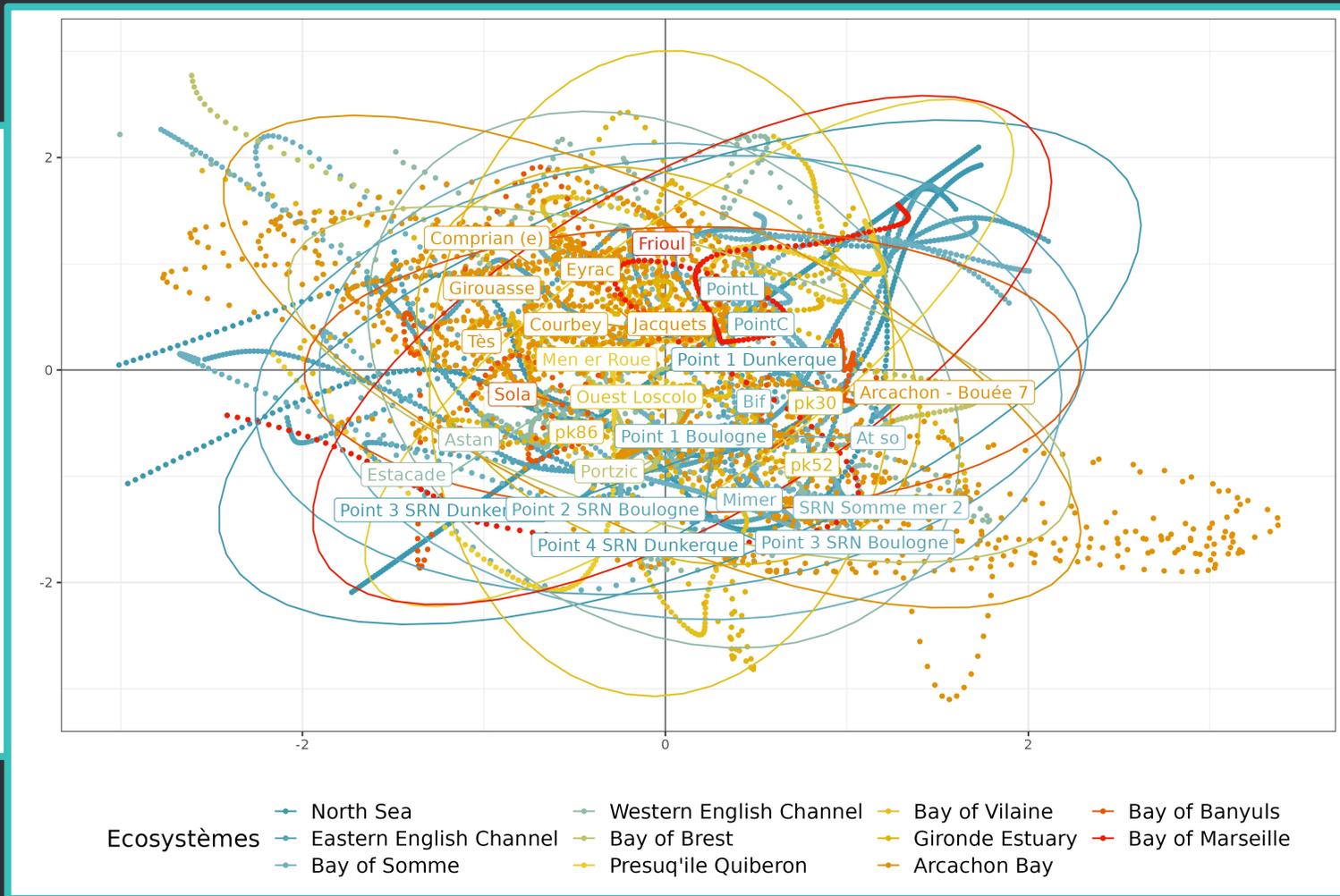
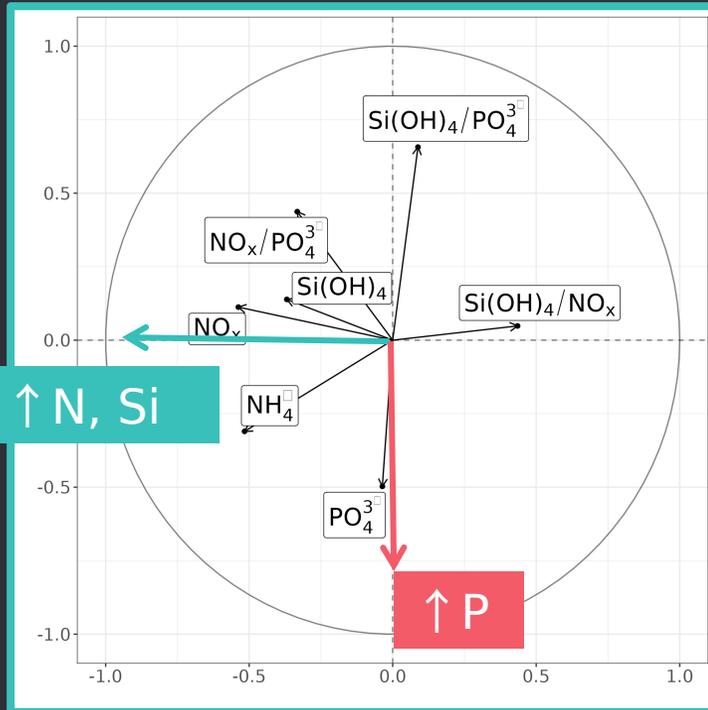
• Evolution temporelle

Nutriments



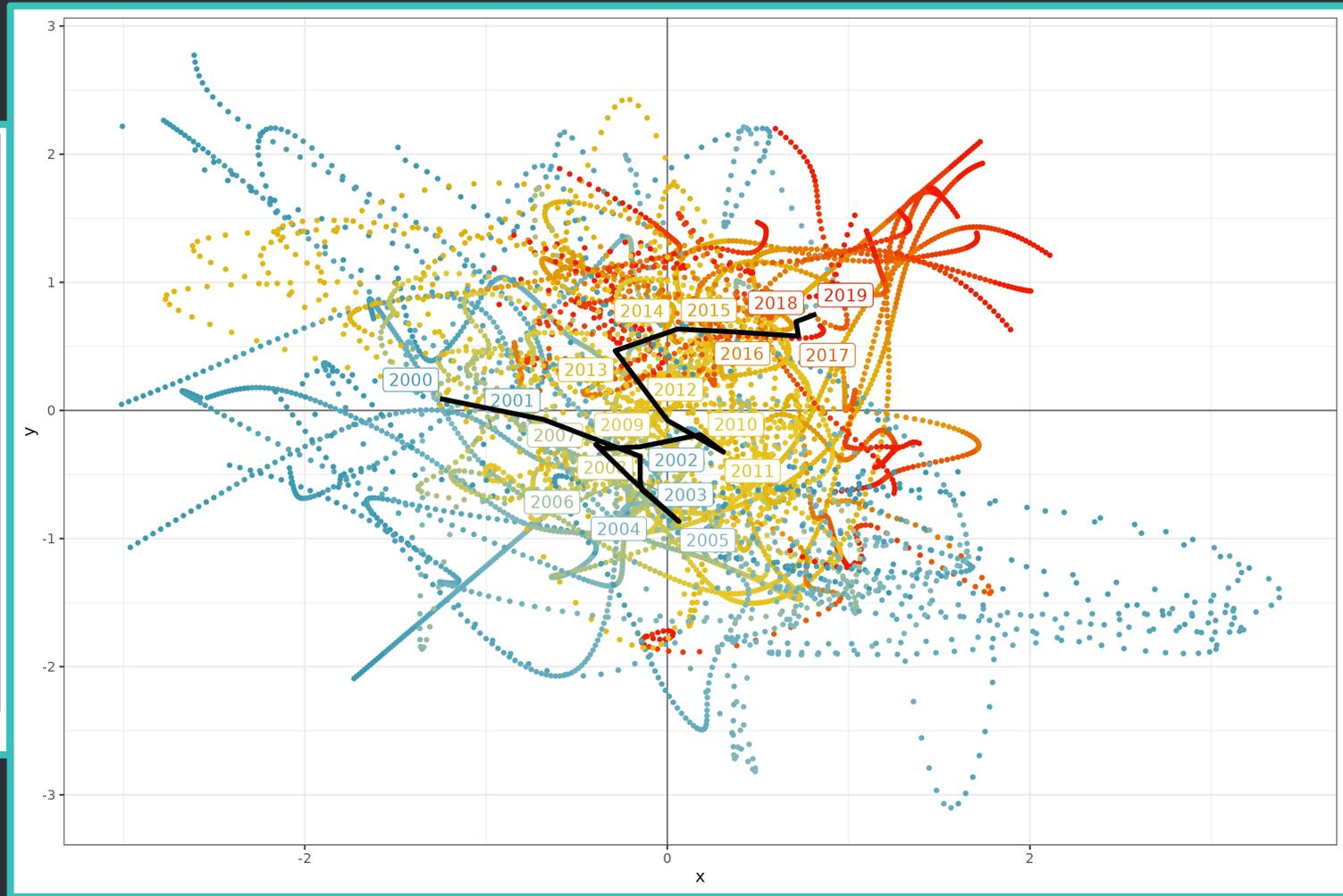
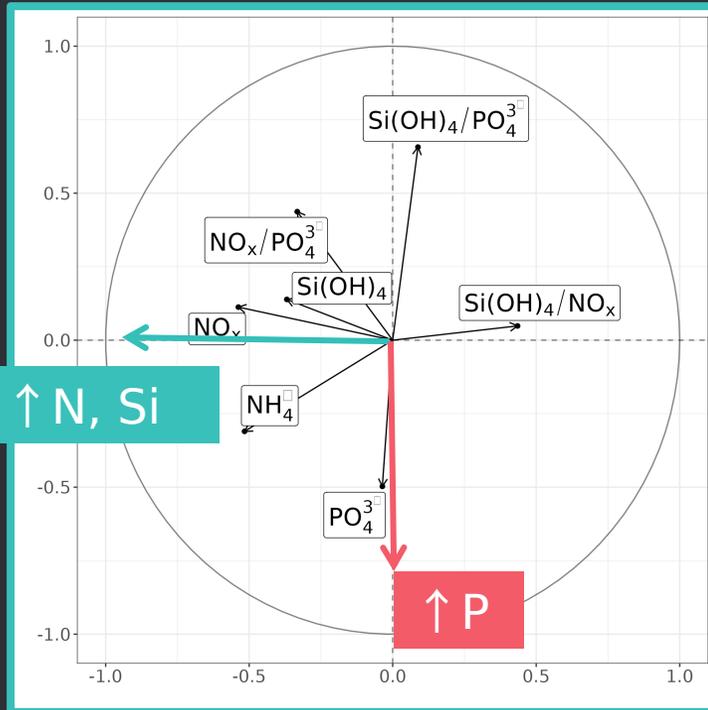
Evolution temporelle

Nutriments



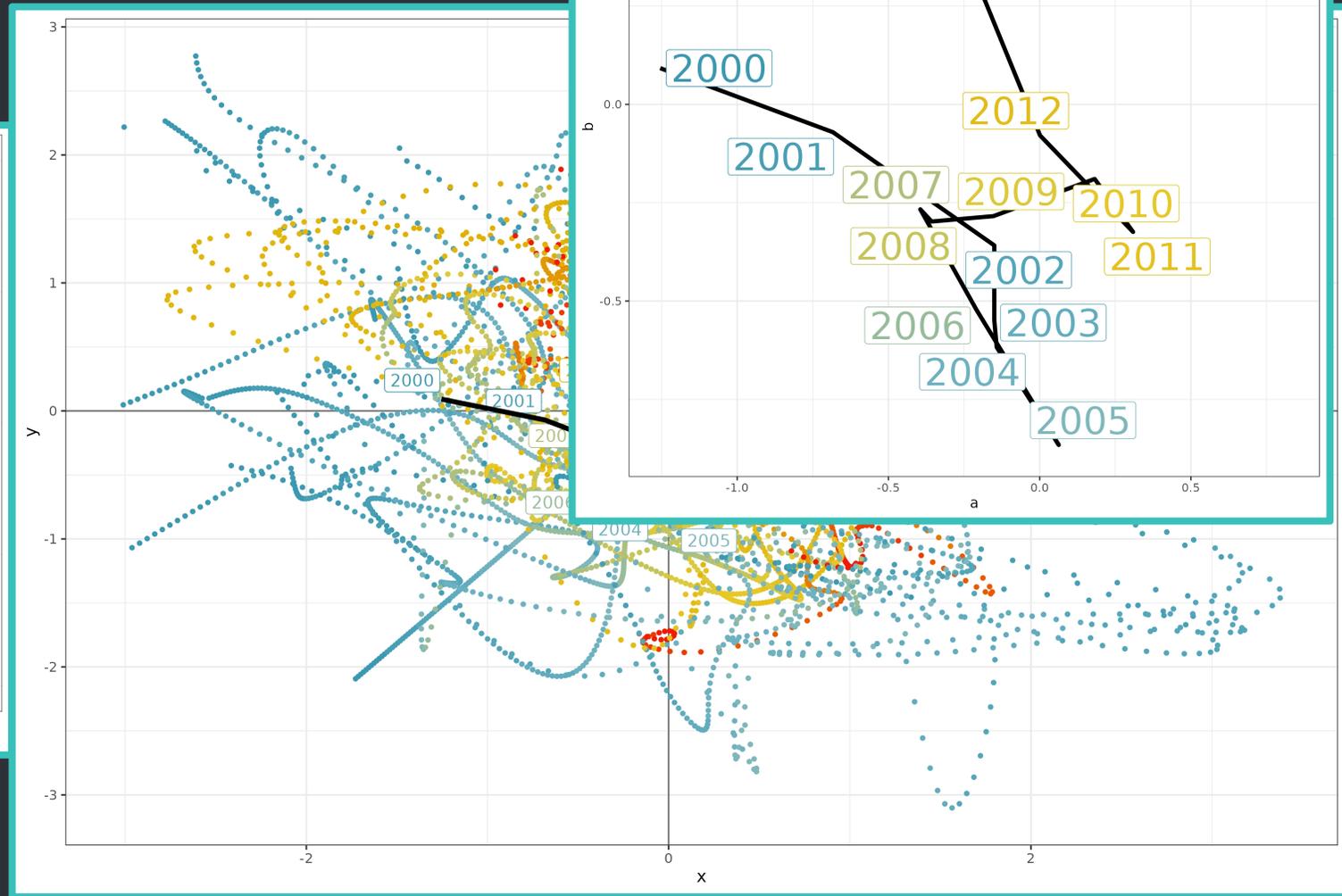
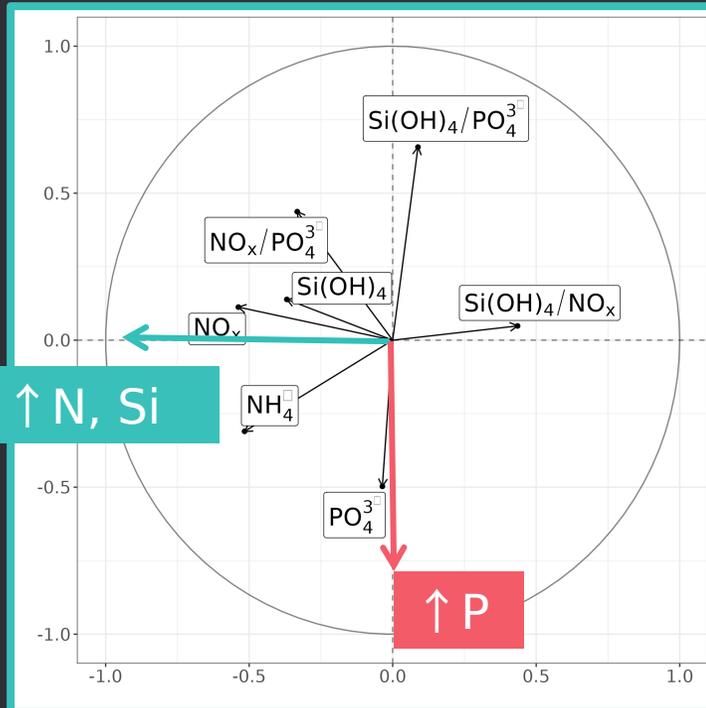
● Evolution temporelle

Nutriments



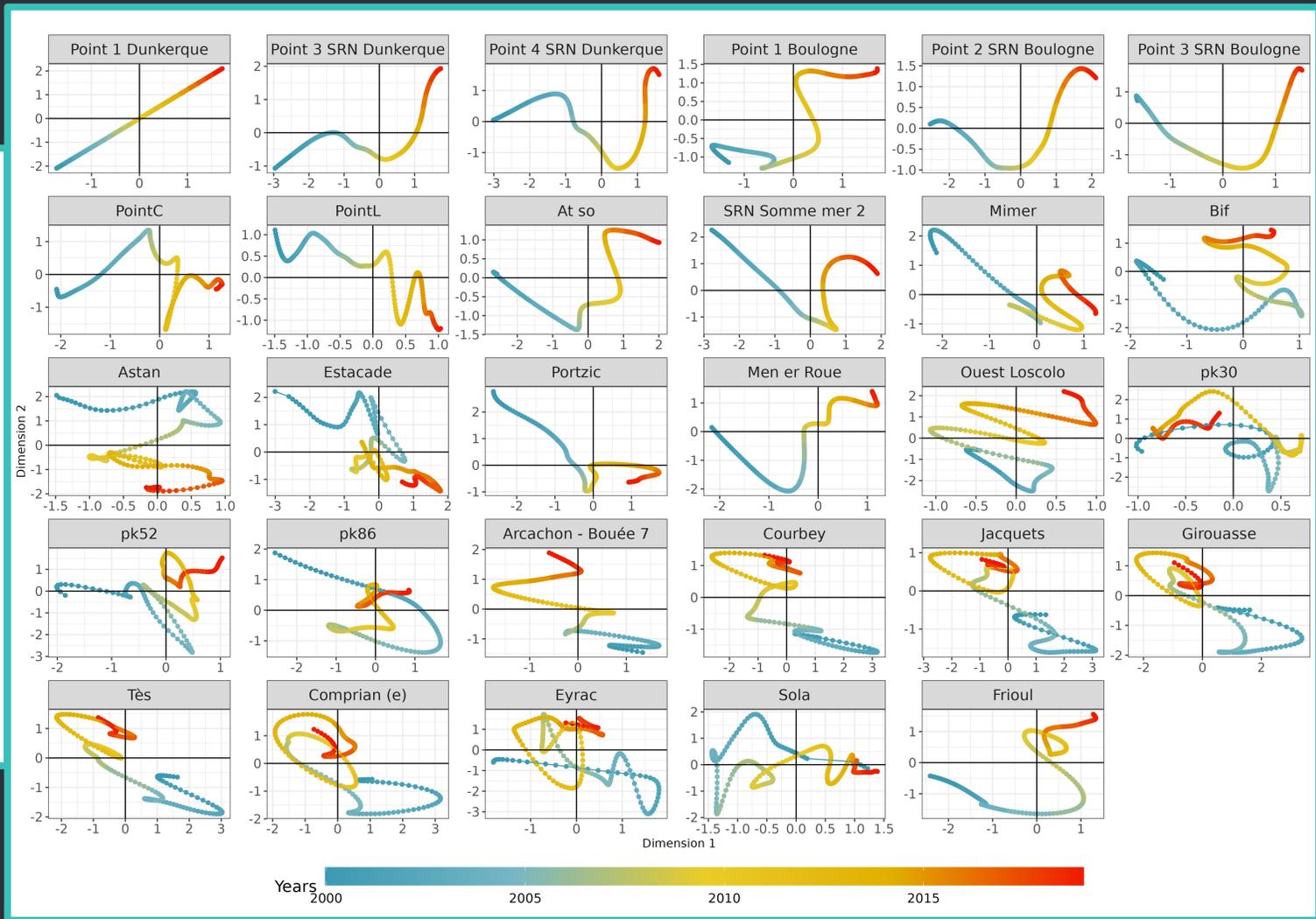
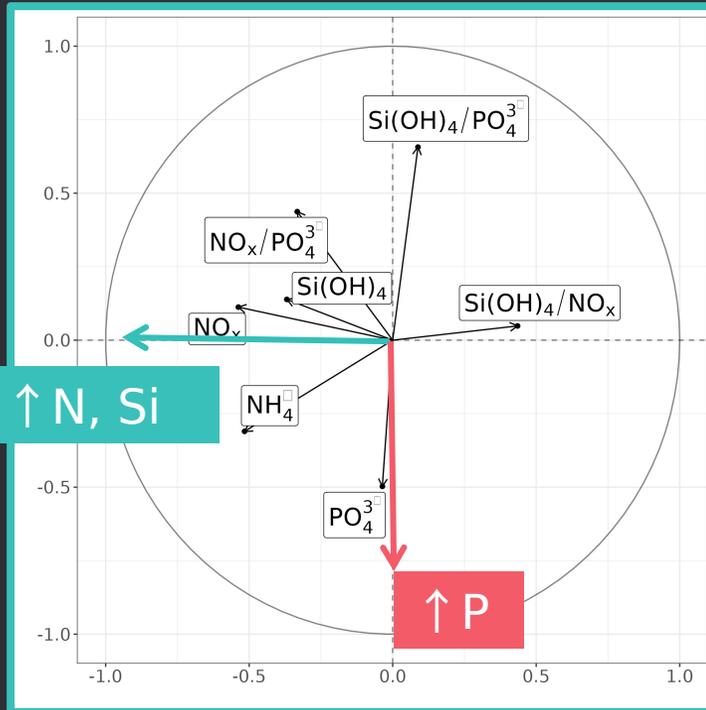
Evolution temporelle

Nutriments



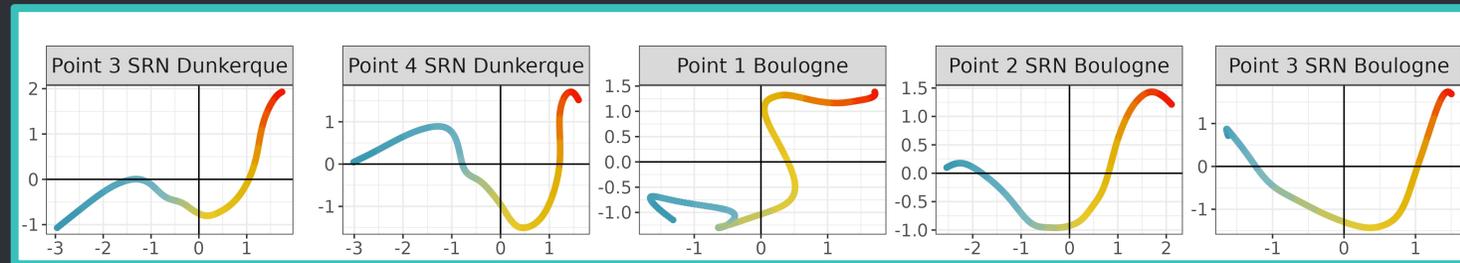
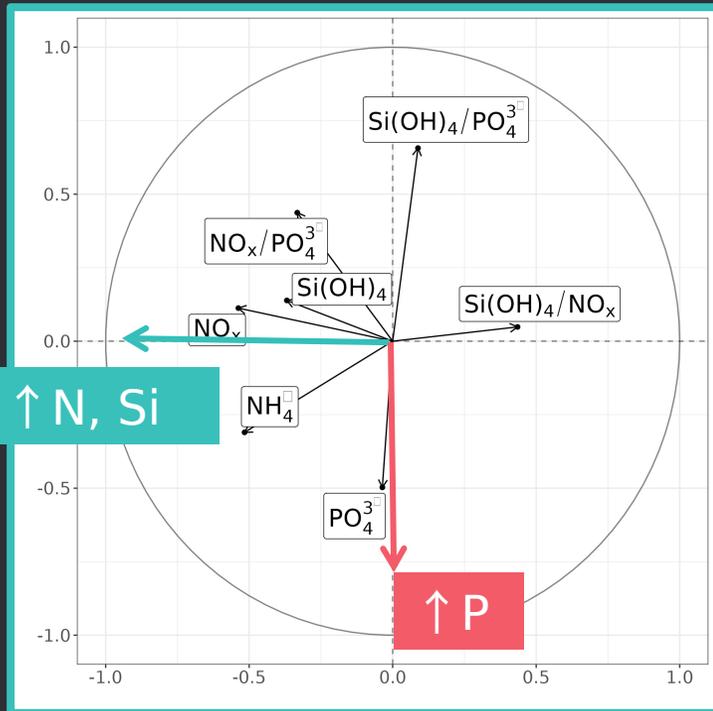
Evolution temporelle

Nutriments



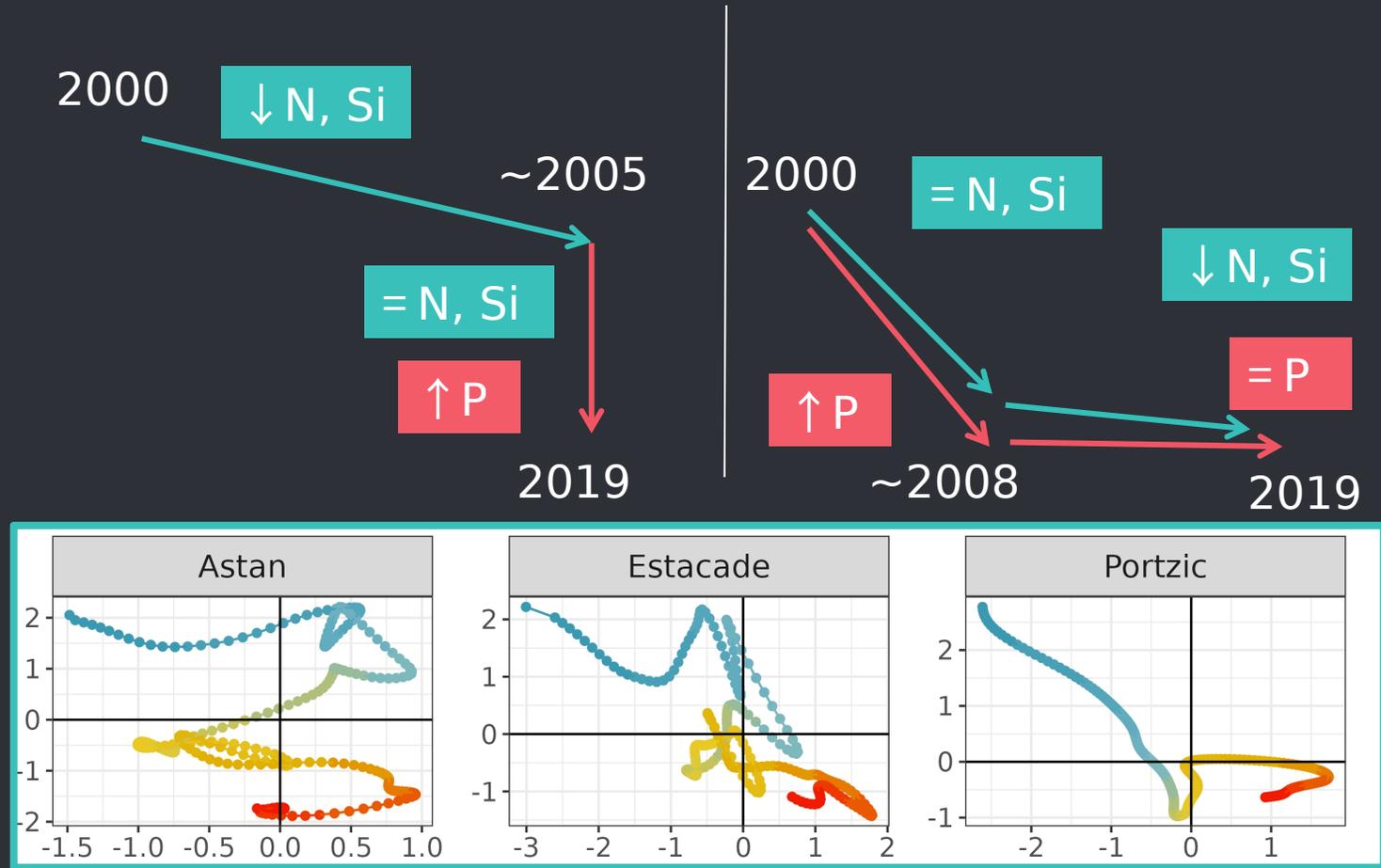
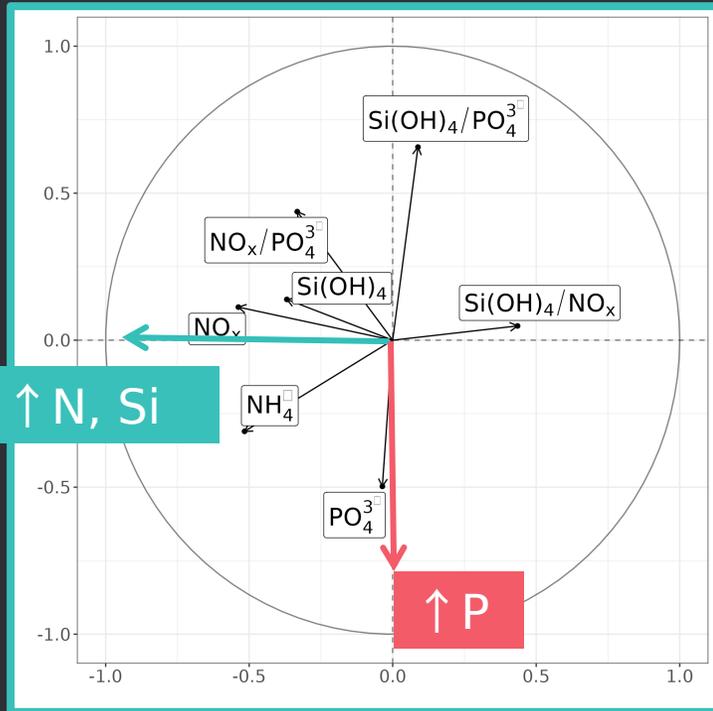
Evolution temporelle

Nutriments



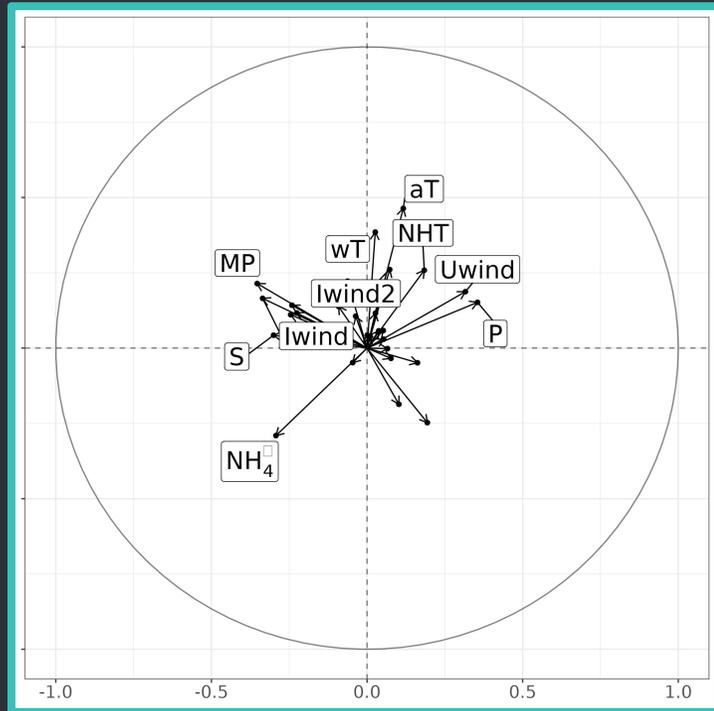
Evolution temporelle

Nutriments



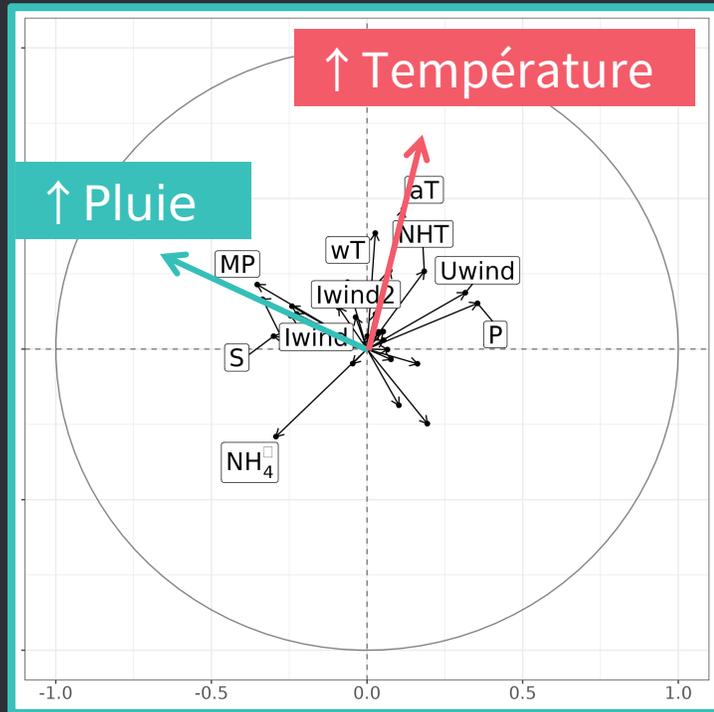
• Evolution temporelle

Forçages



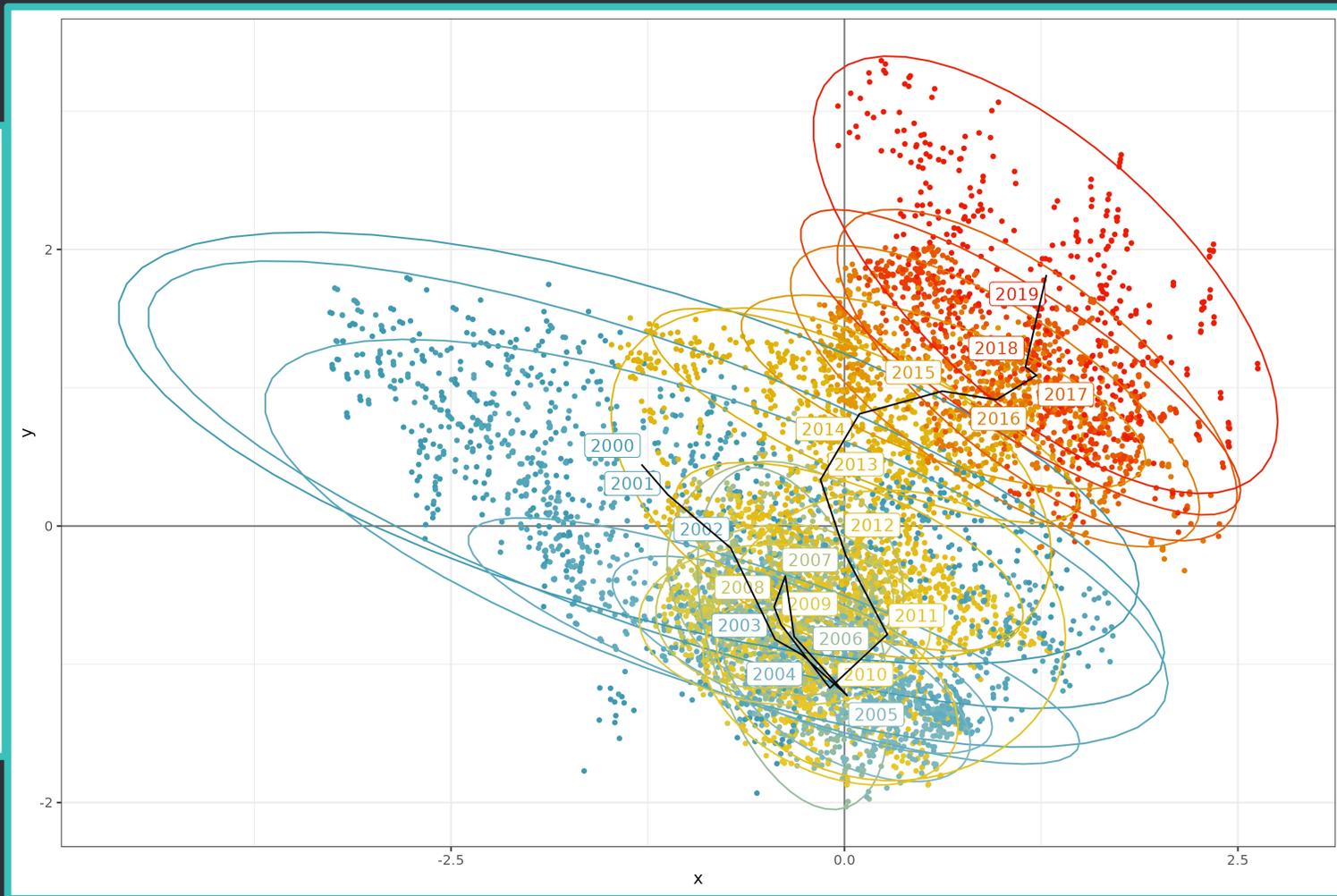
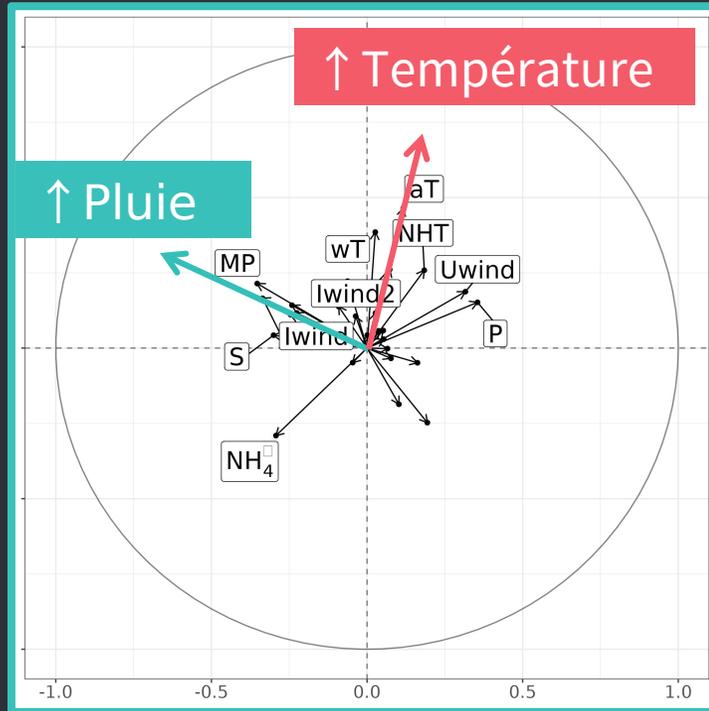
• Evolution temporelle

Forçages



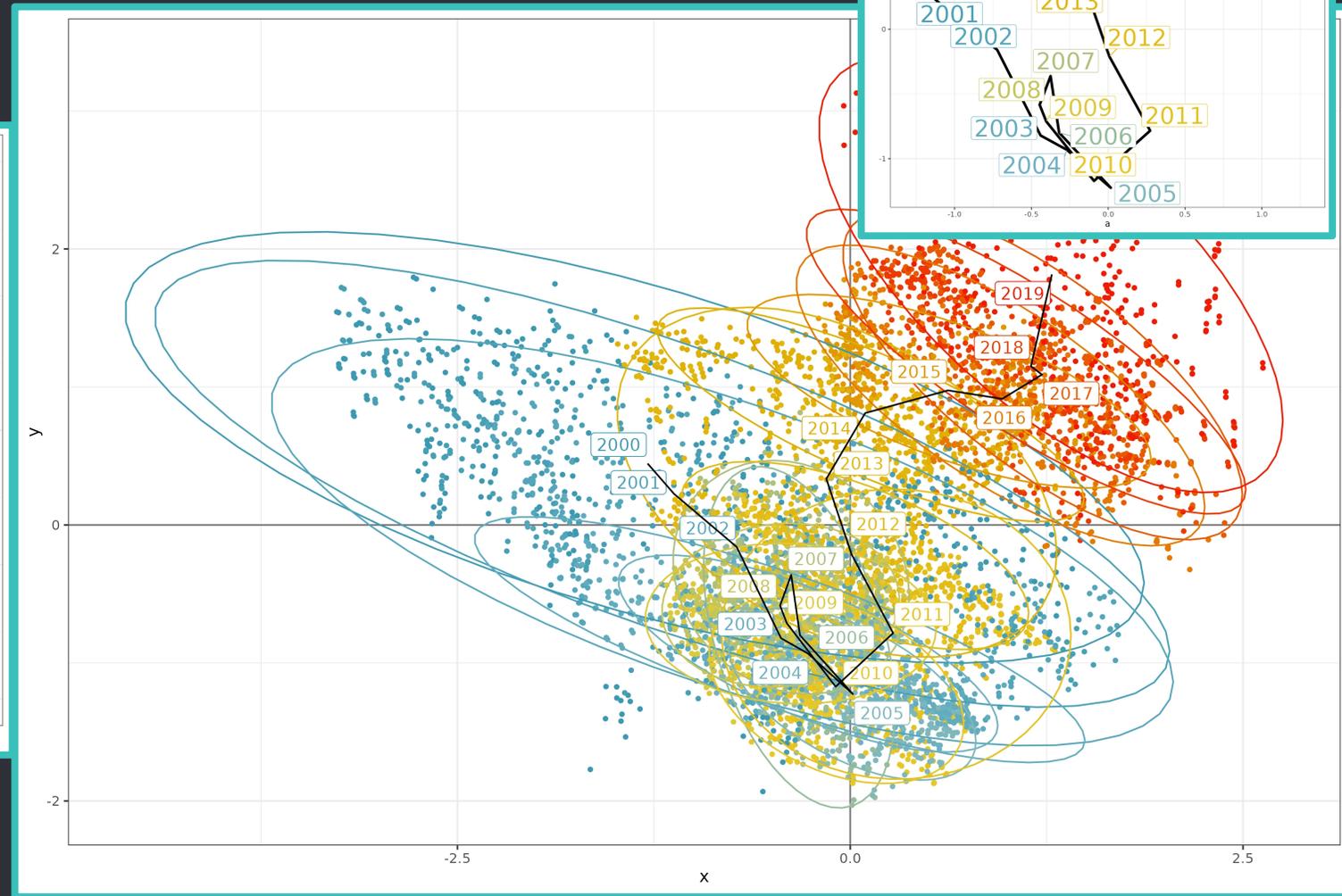
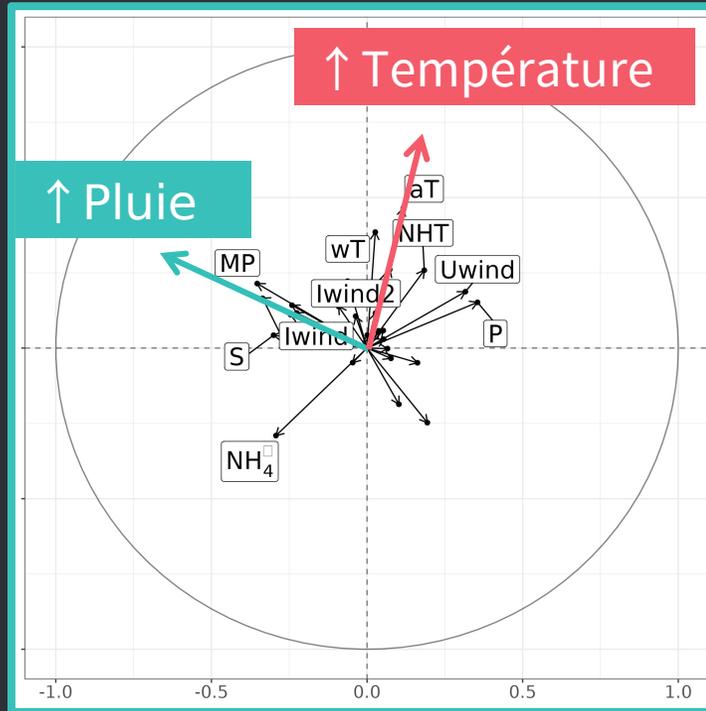
● Evolution temporelle

Forçages



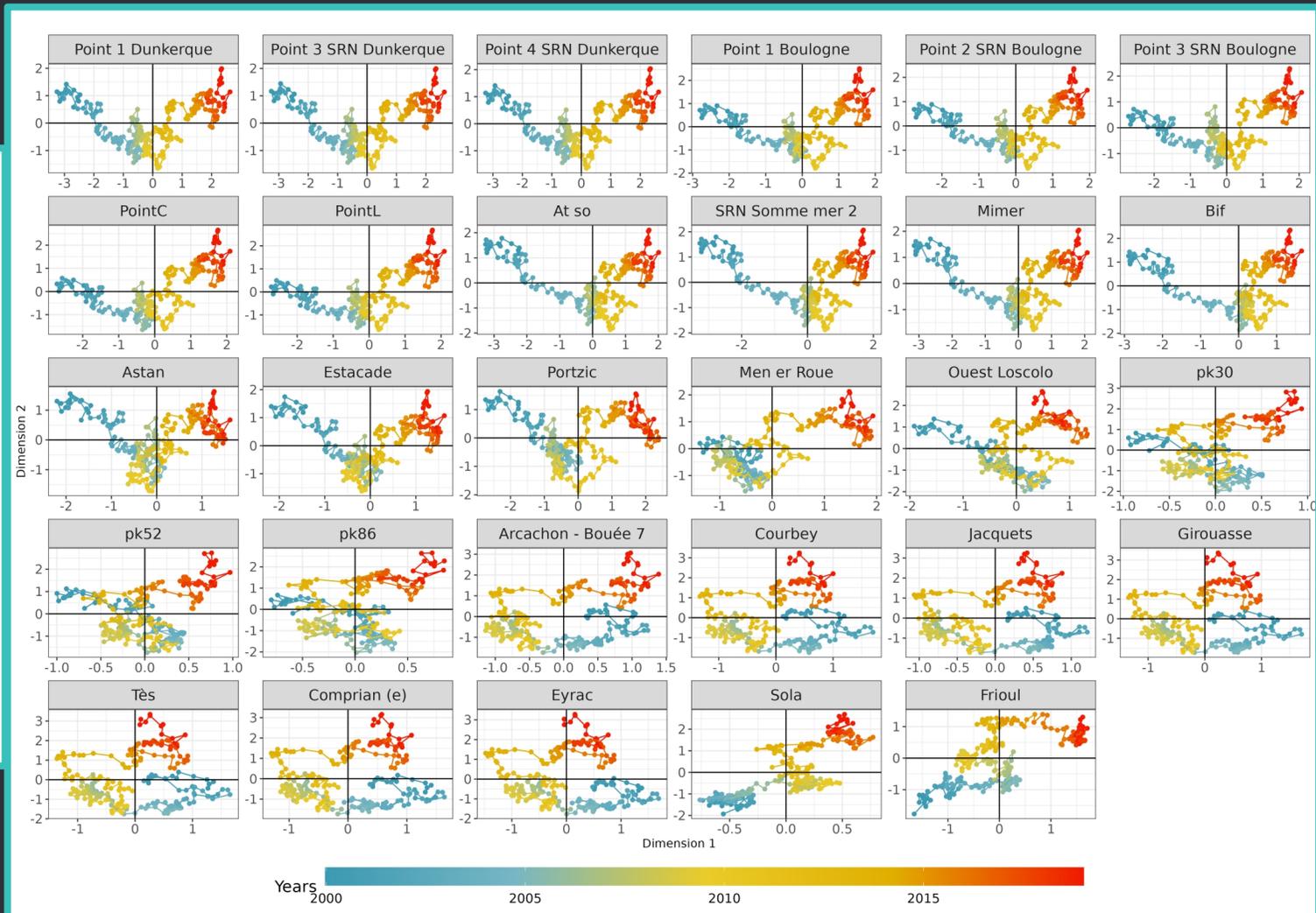
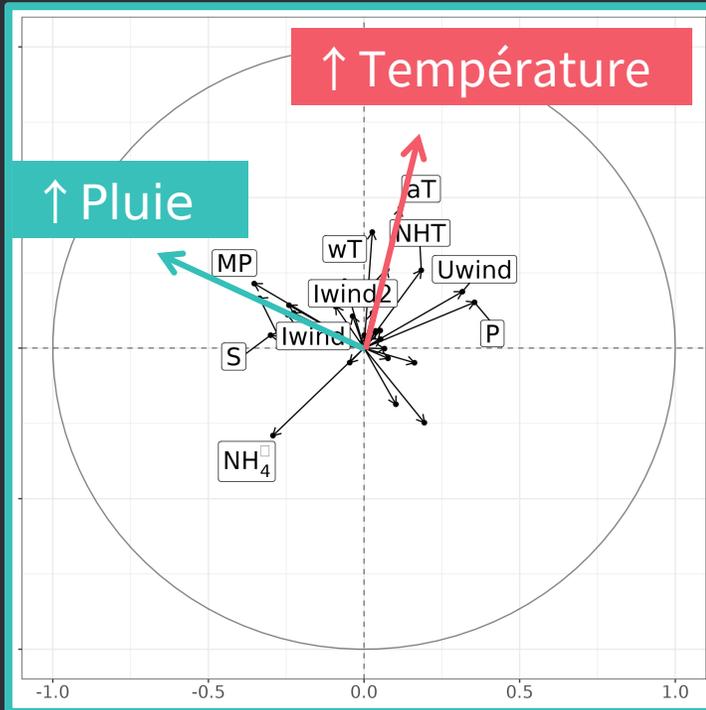
Evolution temporelle

Forçages



Evolution temporelle

Forçages





- Evolution temporelle

- Structures similaires nutriments *vs* forçages

● Evolution temporelle

- Structures similaires nutriments *vs* forçages
- Nutriments
 - Globalement ↓ des nutriments
 - N, Si sur toute la période
 - P à partir de 2007-2008

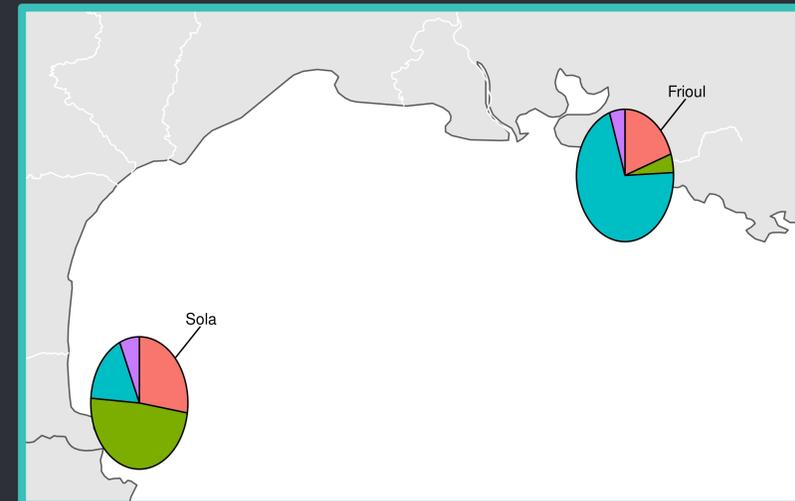
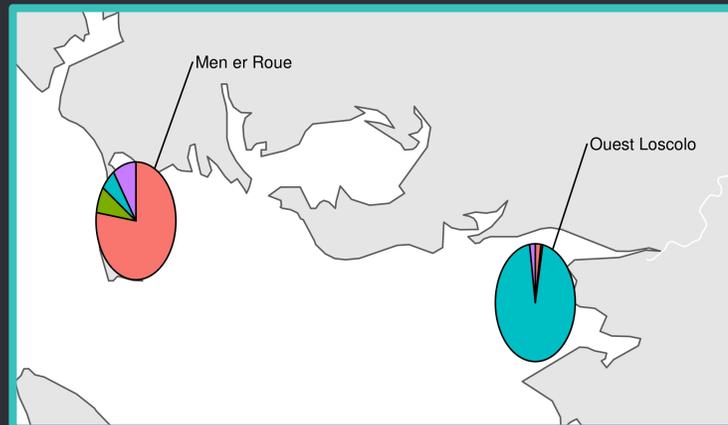
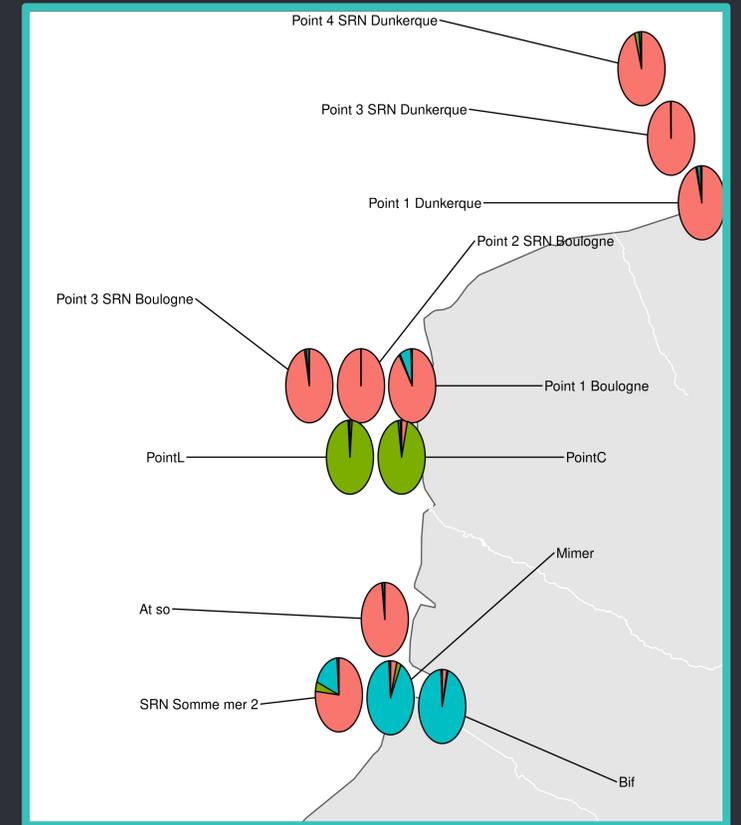
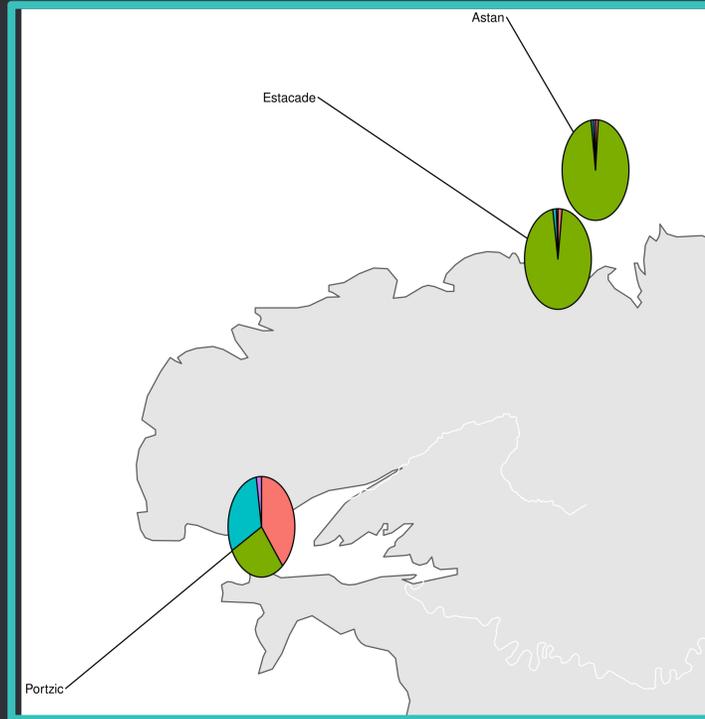
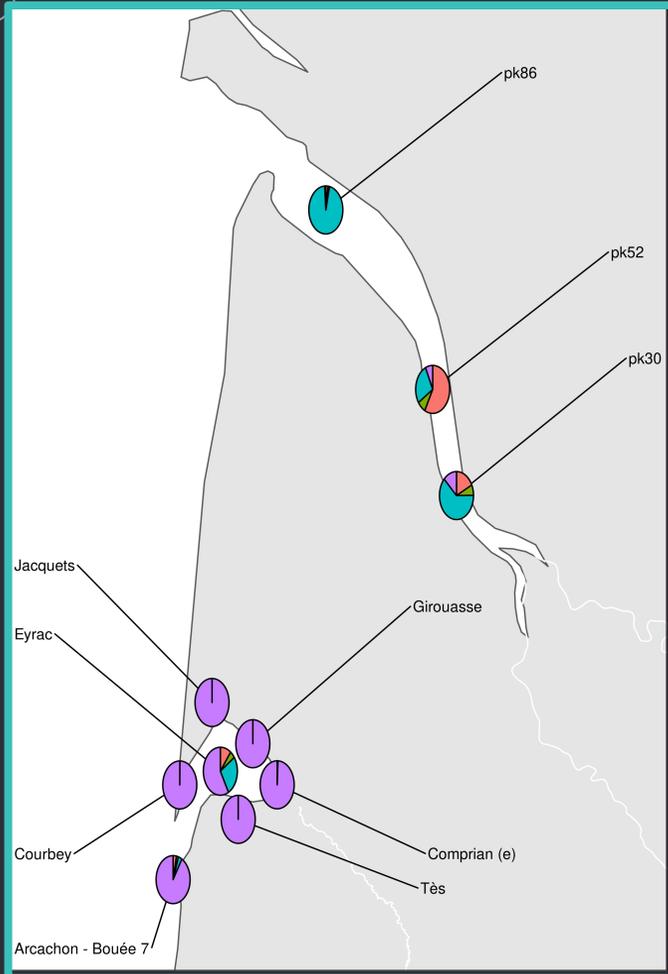
● Evolution temporelle

- Structures similaires nutriments *vs* forçages
- Nutriments
 - Globalement ↓ des nutriments
 - N, Si sur toute la période
 - P à partir de 2007-2008
 - Certains sites sortent de ce schéma
 - Arcachon (origine locale)

● Evolution temporelle

- Structures similaires nutriments *vs* forçages
- Nutriments
 - Globalement ↓ des nutriments
 - N, Si sur toute la période
 - P à partir de 2007-2008
 - Certains sites sortent de ce schéma
 - Arcachon (origine locale)
- Forçages
 - Globalement ↑ température ↓ pluies
 - Arcachon sort de ce schéma

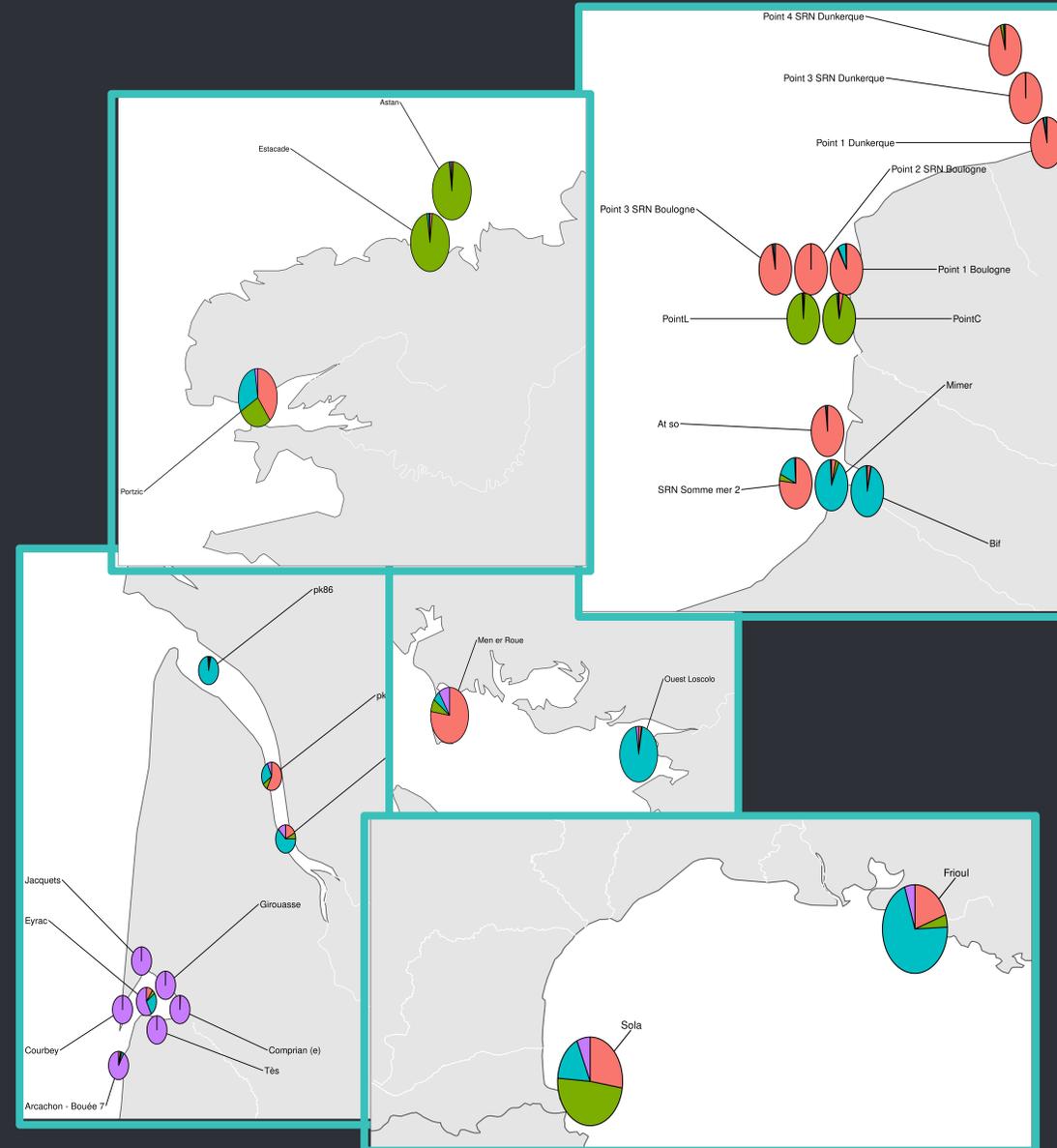
Typologie



● Typologie

○ G1 : Bassin d'Arcachon (violet)

- ↑ N, Si
- ↓ P



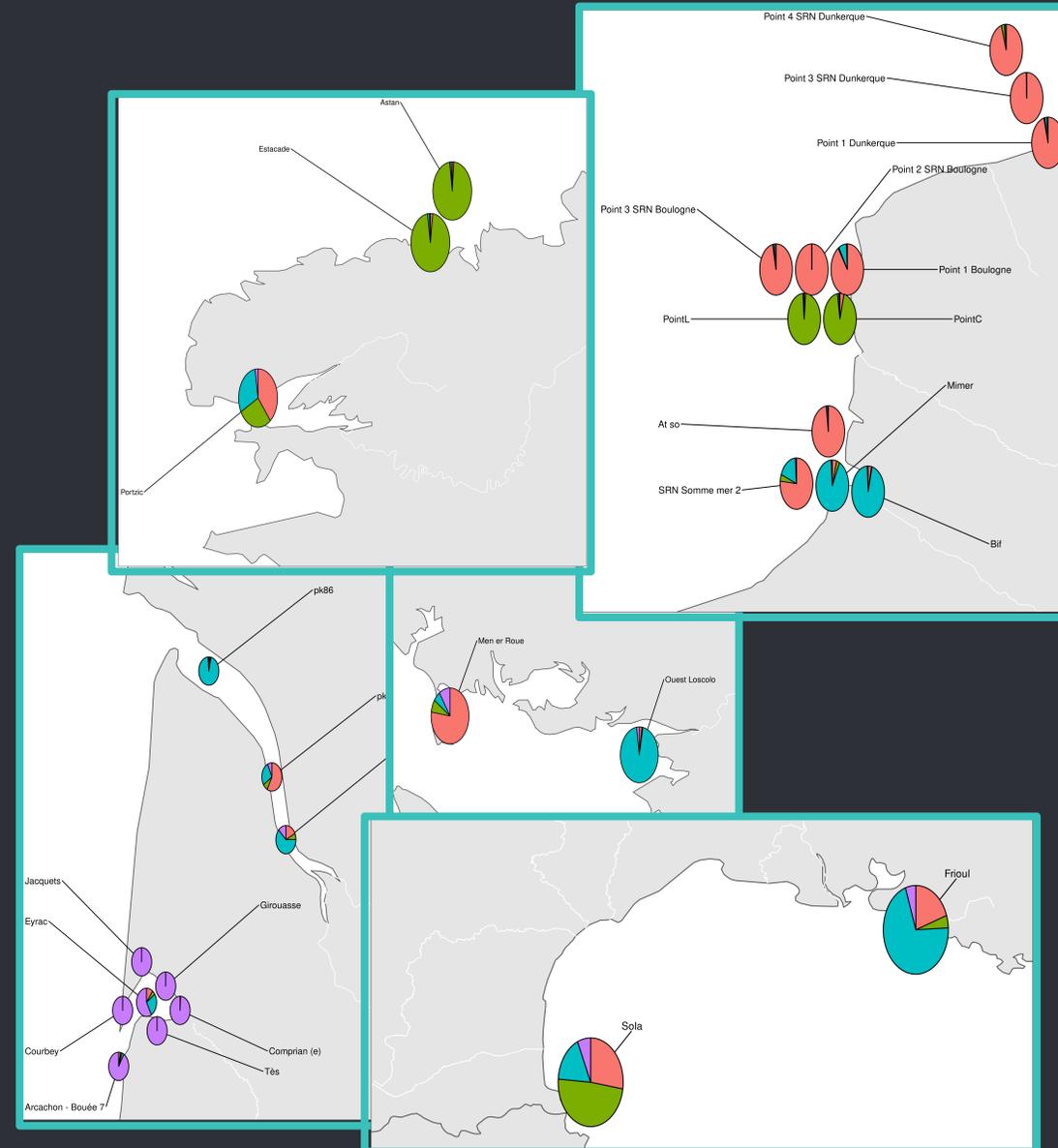
● Typologie

- G1 : Bassin d'Arcachon (violet)

- ↑ N, Si
- ↓ P

- G2 : (bleu)

- ↓ N, P
- ↑ = Si



● Typologie

- G1 : Bassin d'Arcachon (violet)

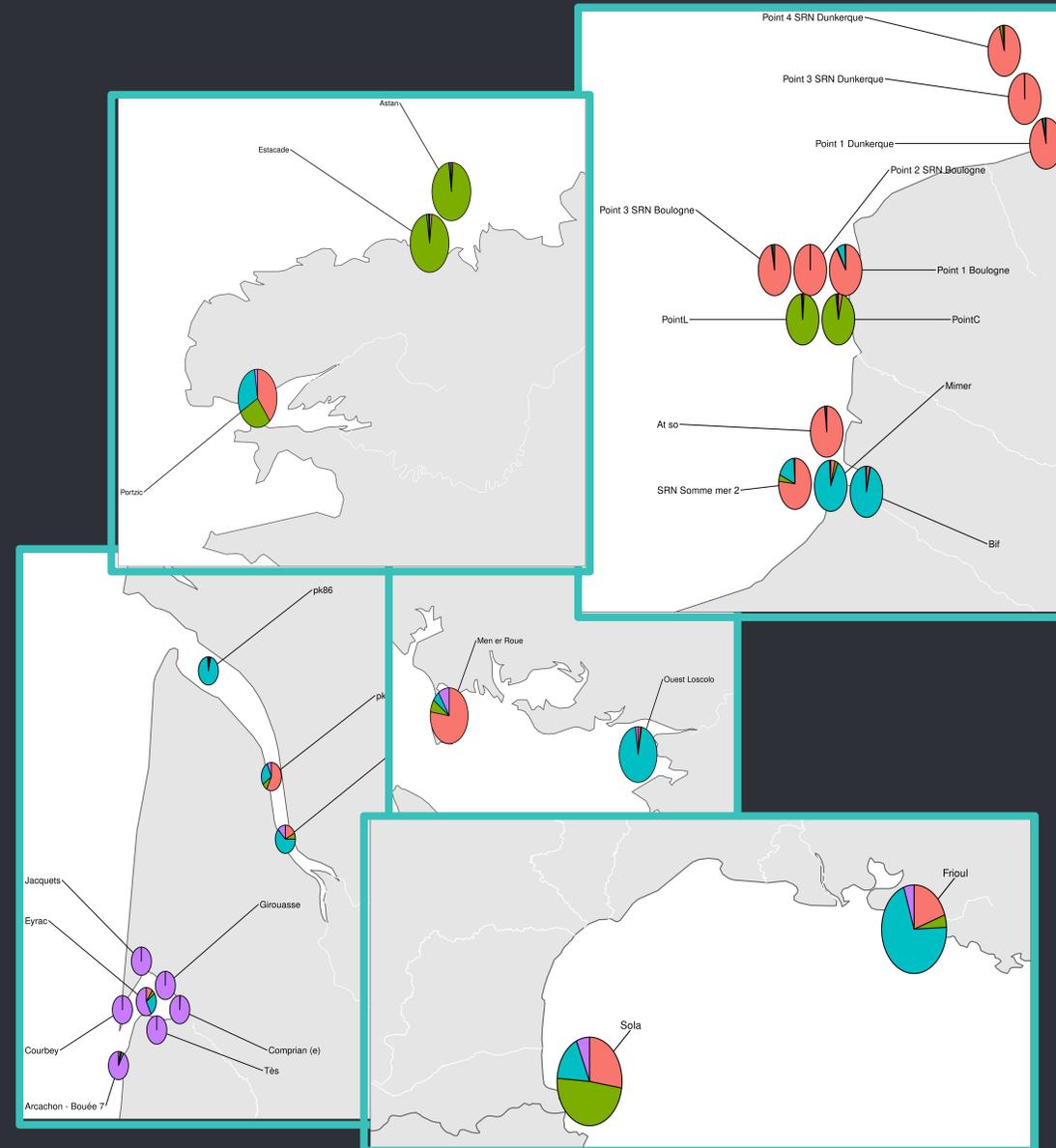
- ↑ N, Si
- ↓ P

- G2 : (bleu)

- ↓ N, P
- ↑ = Si

- G3 : (rouge)

- ↓ N, P, Si



● Typologie

- G1 : Bassin d'Arcachon (violet)

- ↑ N, Si
- ↓ P

- G2 : Apports continentaux (bleu)

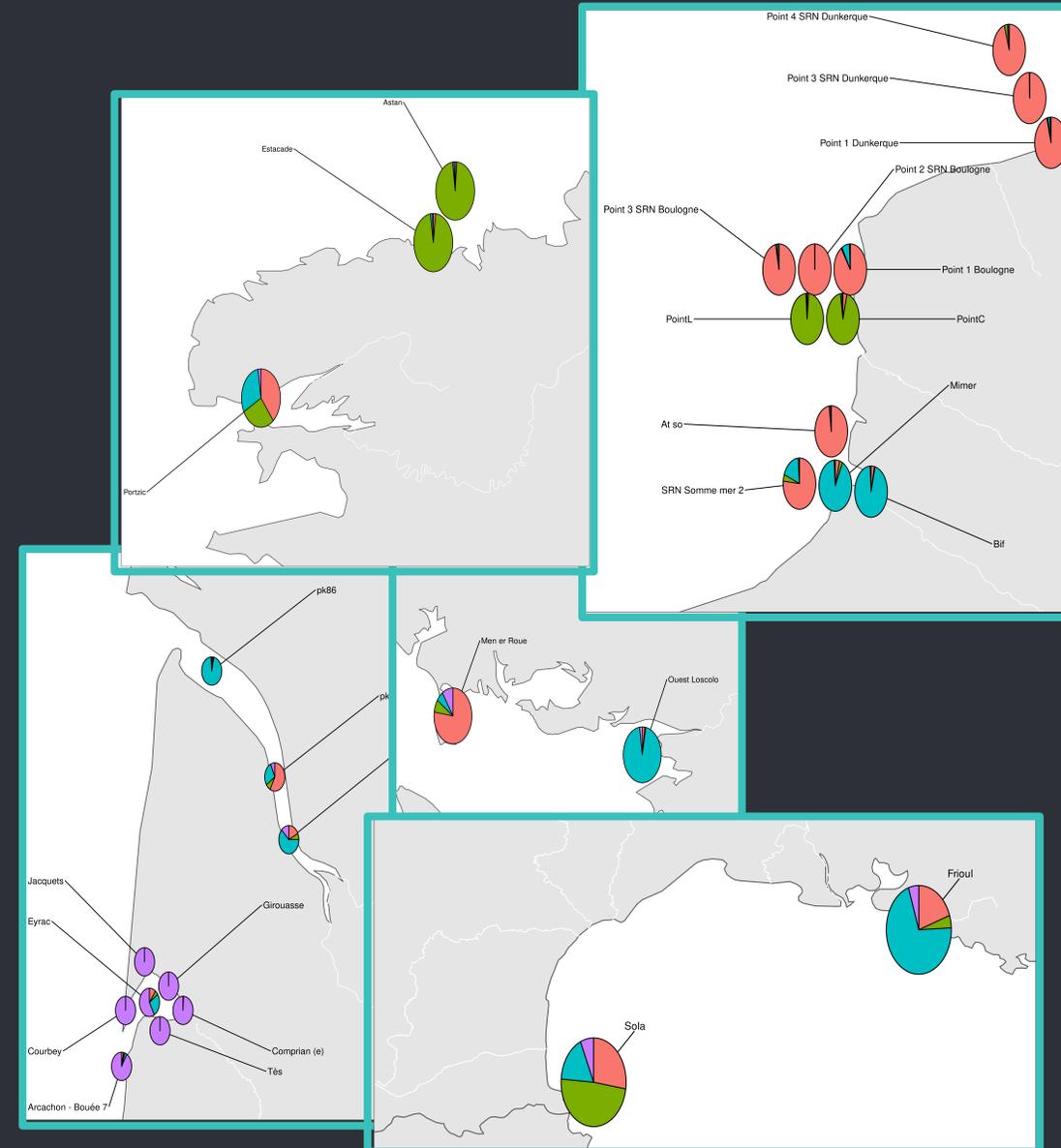
- ↓ N, P
- ↑ = Si

- G3 : (rouge)

- ↓ N, P, Si

- G4 : (vert)

- ↓ N, ↓ ↓ Si
- ↑ = P



● Conclusion

- Forçages locaux différencier les sites
 - Apports continentaux
 - Climat

● Conclusion

- Forçages locaux différencier les sites
 - Apports continentaux
 - Climat
- Schéma globaux d'évolution
 - ↓ N, Si 2000-2019
 - ↓ P 2010-2019
 - ↓ Pluies, Q 2000-2019
 - ↑ T 2010-2019

● Conclusion

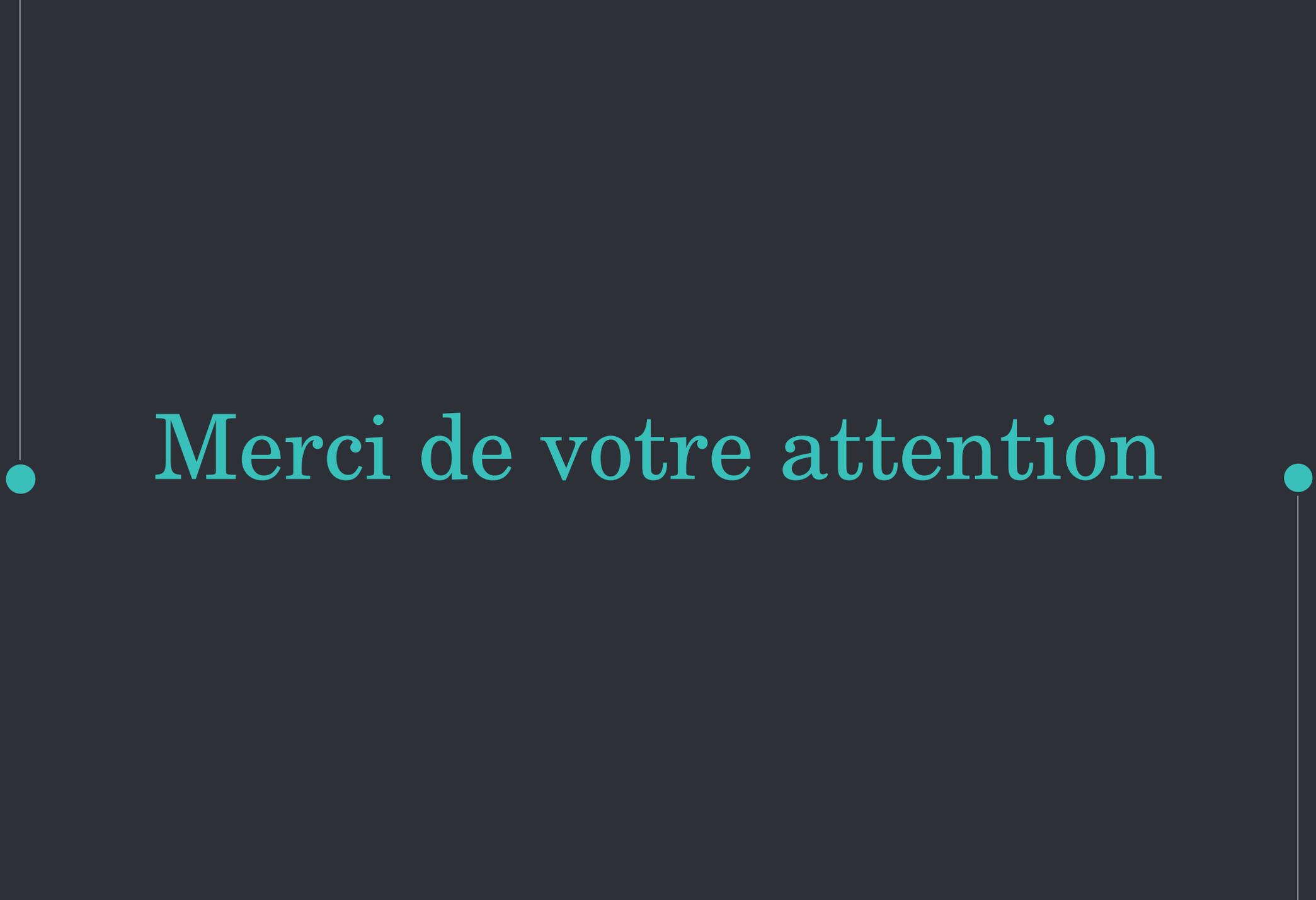
- Forçages locaux différencier les sites
 - Apports continentaux
 - Climat

○ Schéma globaux d'évolution

- ↓ N, Si 2000-2019
- ↓ P 2010-2019
- ↓ Pluies, Q 2000-2019
- ↑ T 2010-2019

○ Groupes de stations évoluant de manière similaire

- Climats, marée, géomorphologies différents
- Qu'est ce qui fait évoluer les nutriments ?? Apports continentaux ?



Merci de votre attention