

Dynamique spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques dans les écosystèmes côtiers français

**Arnaud Lheureux, Yolanda Del Amo, Nicolas Savoye, Mathieu
Cazeres, Dominique Soudant et Valérie David**

SOMLIT, REPHY, PHYTOBS teams

Marseille - 20 octobre 2022

**université
de BORDEAUX**

EPOC



Sommaire

- 1- Problématiques liées à l'utilisation de données à long-terme provenant des services d'observations

Sommaire

- 1- Problématiques liées à l'utilisation de données à long-terme provenant des services d'observations
- 2- Cas d'étude
 - Trajectoires d'évolution de la diversité spécifique et fonctionnelle du phytoplancton

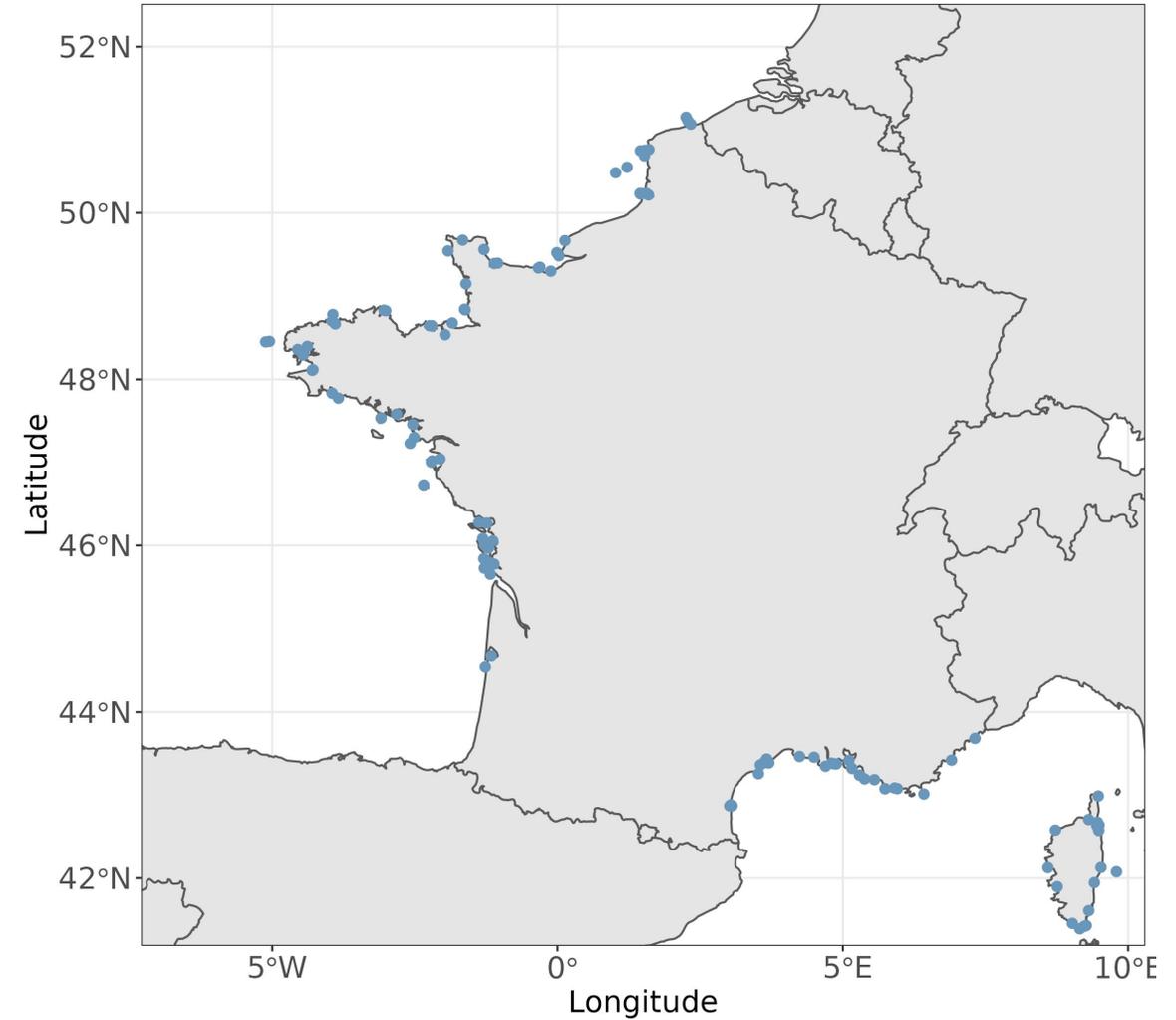
Sommaire

- 1- Problématiques liées à l'utilisation de données à long-terme provenant des services d'observations
- 2- Cas d'étude
 - Trajectoires d'évolution de la diversité spécifique et fonctionnelle du phytoplancton
- 3- Vers l'analyse de niche

Sélection des données

Dimension spatio-temporelle

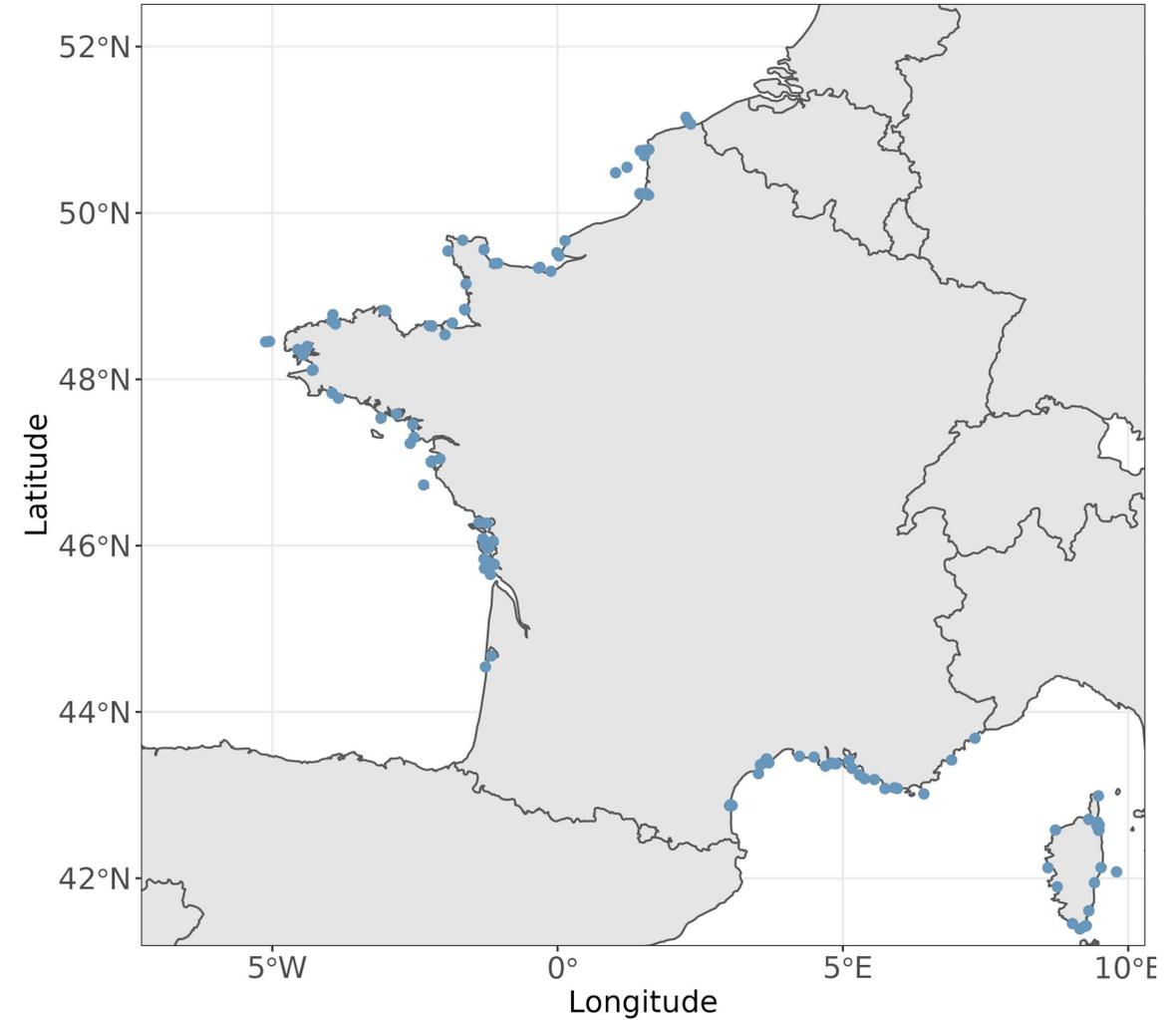
- ~180 stations de mesures
- 40 ans



Sélection des données

Dimension spatio-temporelle

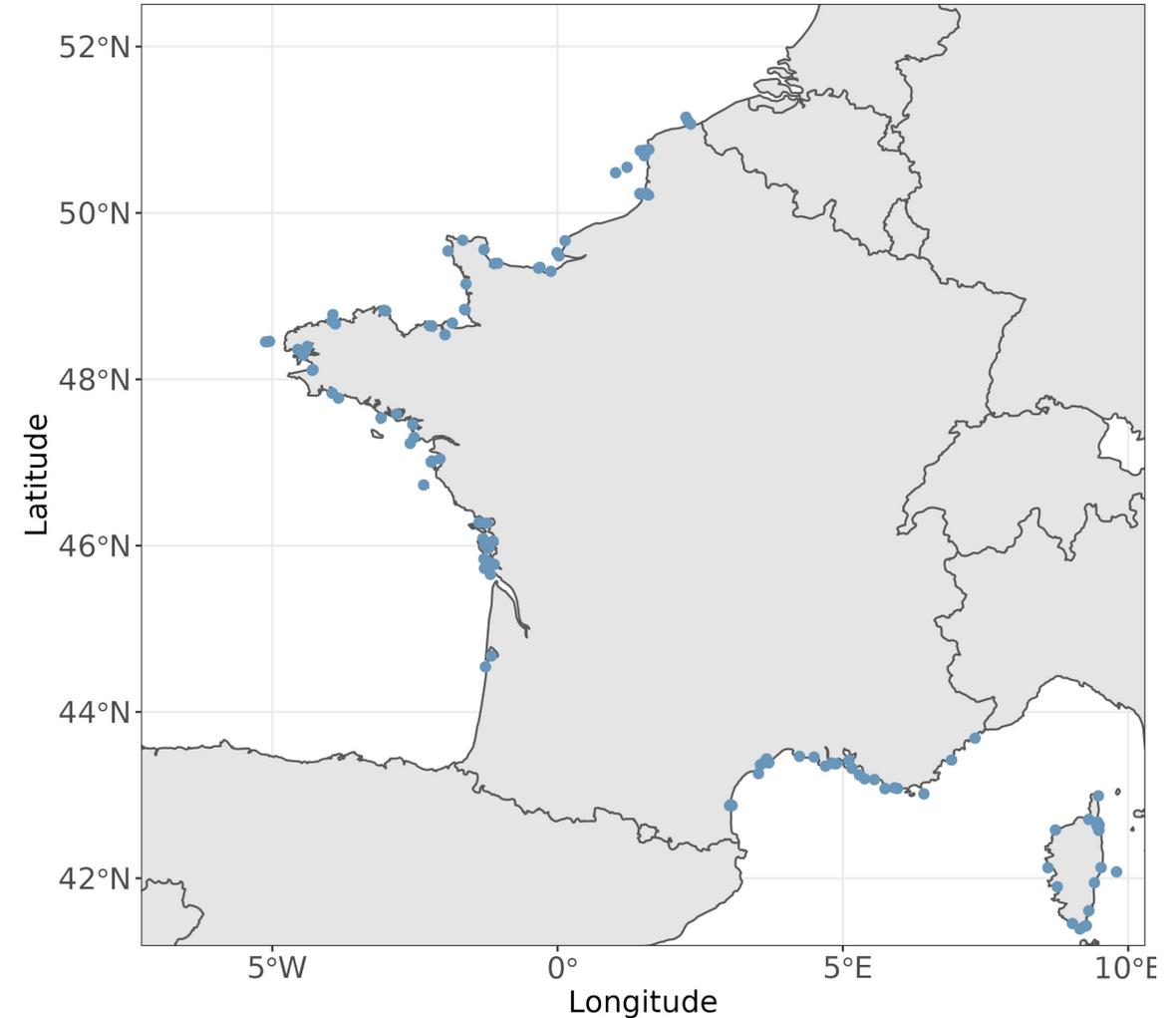
- ~180 stations de mesures
- 40 ans
- Compromis
 - Période temporelle (20 ans)
 - Nombre de stations (maximal)



Sélection des données

Dimension spatio-temporelle

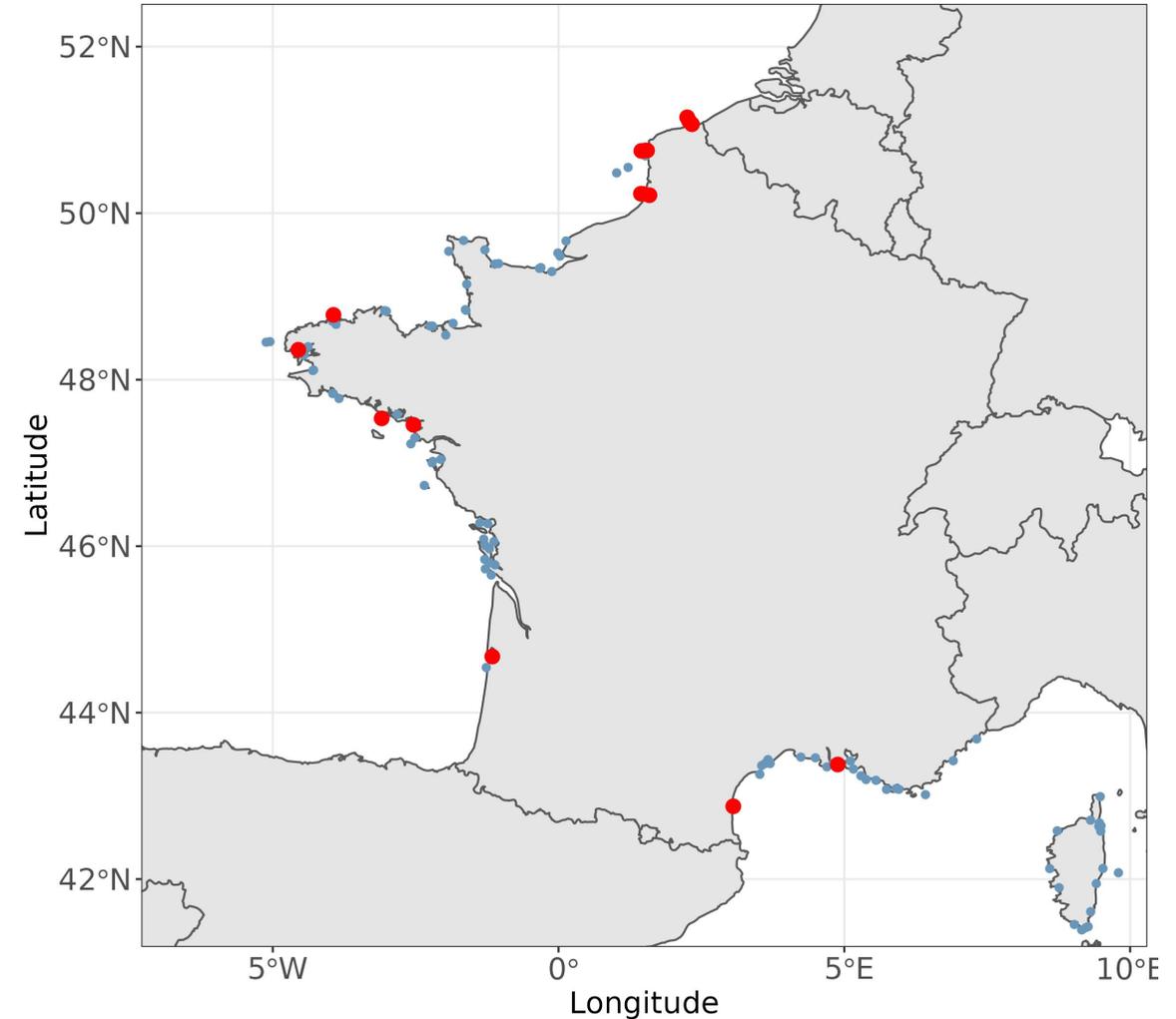
- ~180 stations de mesures
- 40 ans
- Compromis
 - Période temporelle (20 ans)
 - Nombre de stations (maximal)
- Disponibilité des données de forçages aux stations



Sélection des données

Dimension spatio-temporelle

- ~180 stations de mesures
- 40 ans
- Compromis
 - Période temporelle (20 ans)
 - Nombre de stations (maximal)
- Disponibilité des données de forçages aux stations
- 16 stations sélectionnées



Sélection des données

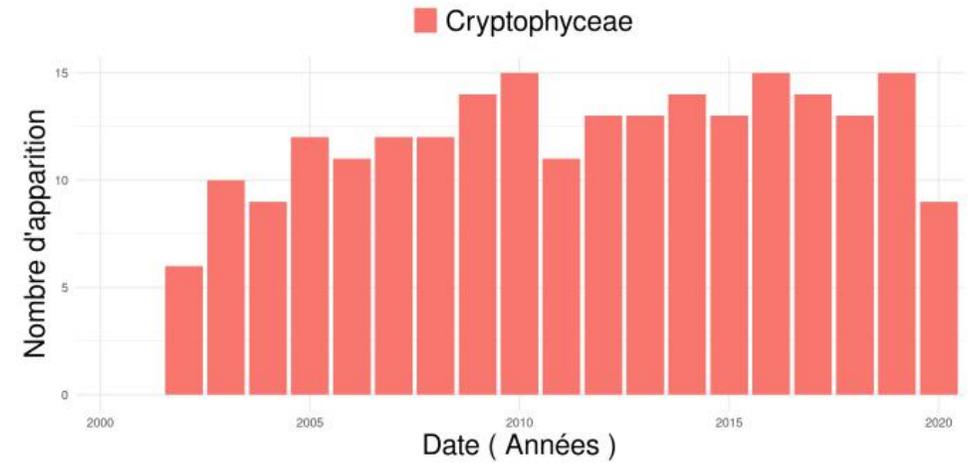
Dimension taxinomique

- Homogénéité spatiale et temporelle des regroupements taxinomiques

Sélection des données

Dimension taxinomique

- Homogénéité spatiale et temporelle des regroupements taxinomiques
 - Unités taxinomiques recensées plus tardivement

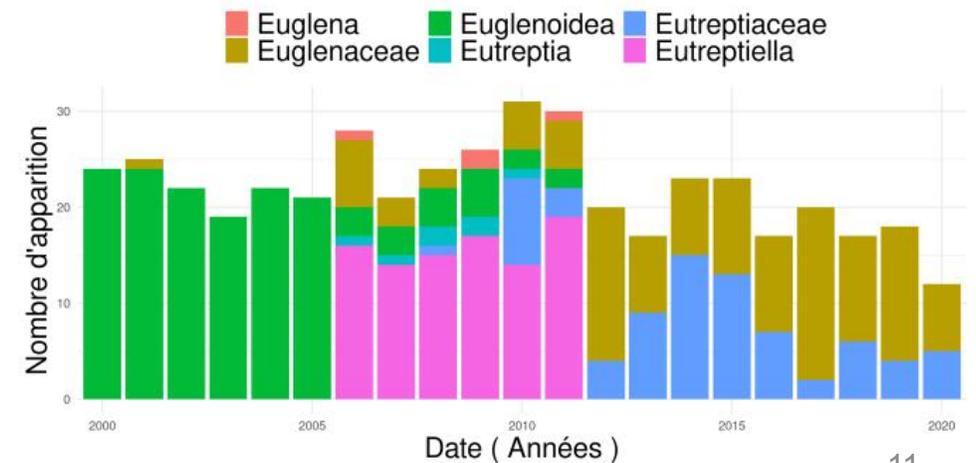
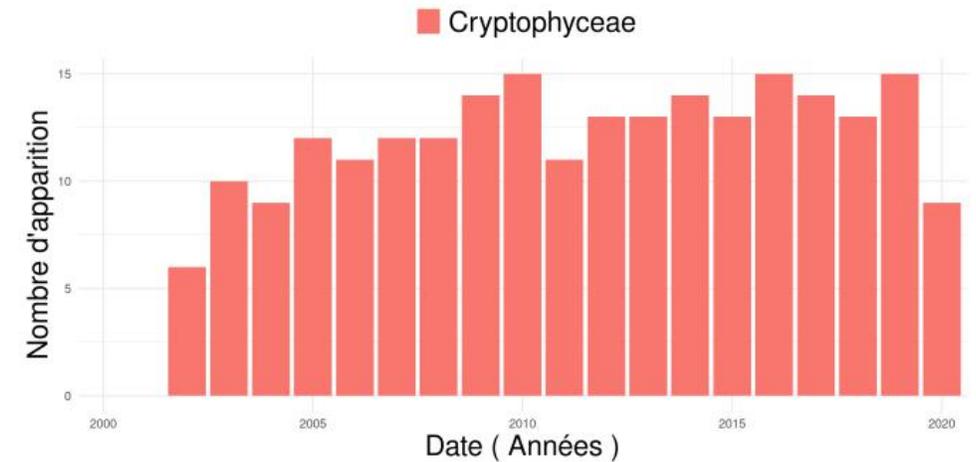


Sélection des données

Dimension taxinomique

- Homogénéité spatiale et temporelle des regroupements taxinomiques
 - Unités taxinomiques recensées plus tardivement

- Changement de niveau d'identification dans le temps



Conclusion problématiques associées aux données

- Très large jeux de données
- Nécessitent de longues préparations
 - Choix de l'emprise spatiale
 - Choix de l'emprise temporelle

Conclusion problématiques associées aux données

- Très large jeux de données
- Nécessitent de longues préparations
 - Choix de l'emprise spatiale
 - Choix de l'emprise temporelle

Ambition des objectifs de départ

Optimiser l'intercomparabilité spatio-temporelle en relation avec les forçages

Conclusion problématiques associées aux données

- Très large jeux de données
- Nécessitent de longues préparations
 - Choix de l'emprise spatiale
 - Choix de l'emprise temporelle

Ambition des objectifs de départ

Optimiser l'intercomparabilité spatio-temporelle en relation avec les forçages

- Nombreuses analyses disponibles
 - Besoin de pré-traitements
 - Homogénéisation des pas de temps
 - Décomposition des séries temporelles

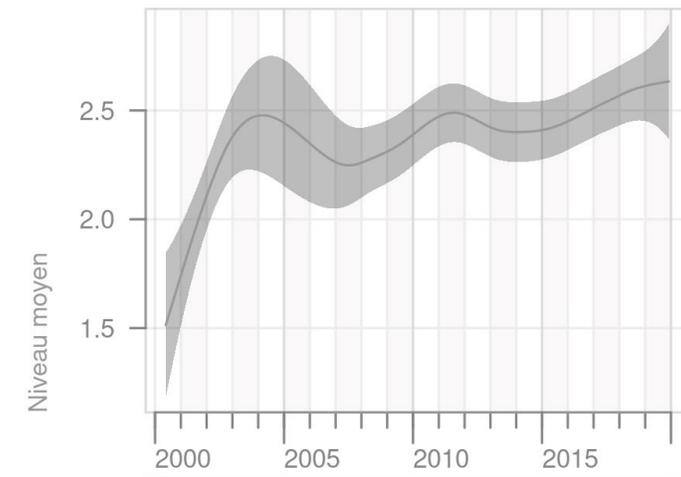
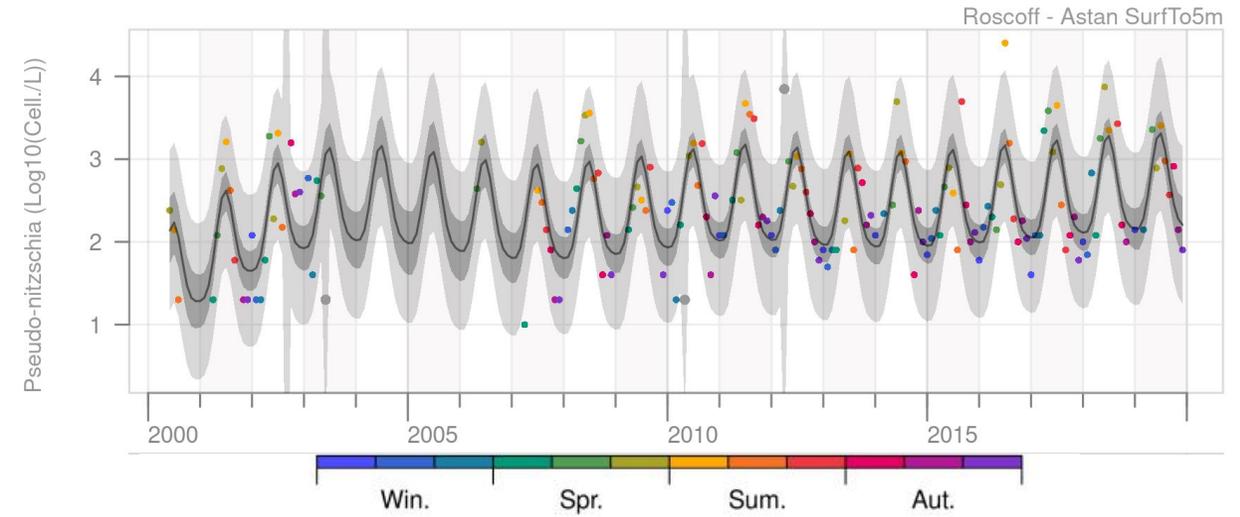
Trajectoires d'évolution des communautés phytoplanctoniques dans les écosystèmes côtiers français au cours des 20 dernières années

- Objectifs
 - 1 - Etablir une typologie d'évolution d'écosystèmes basée sur les diversités taxonomiques et fonctionnelles du phytoplancton
 - 2 - Identifier les forçages du phytoplancton

Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche taxinomique

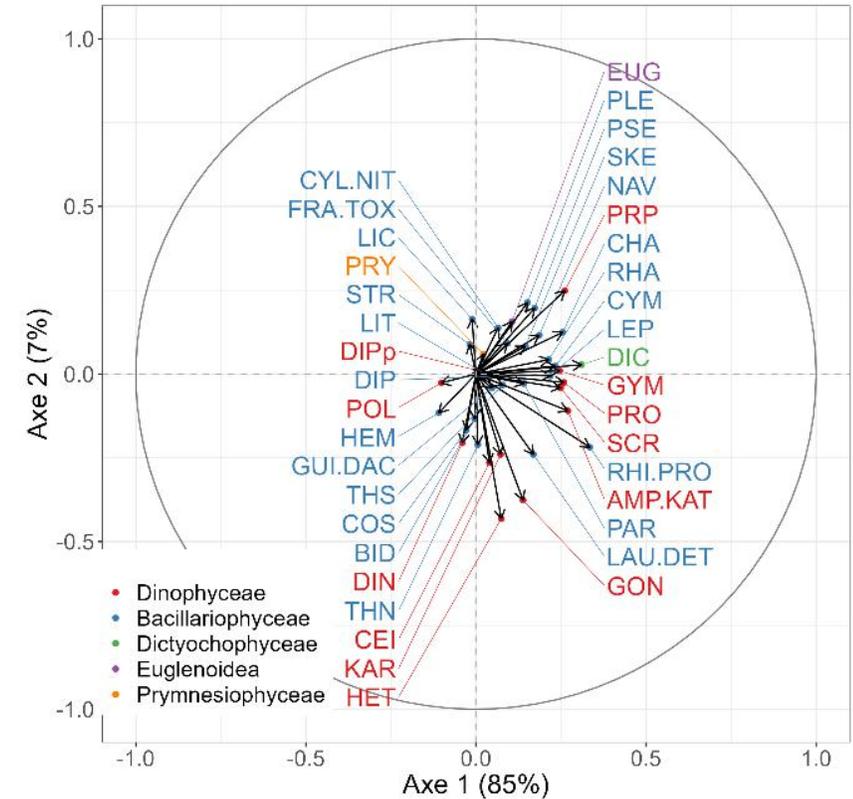
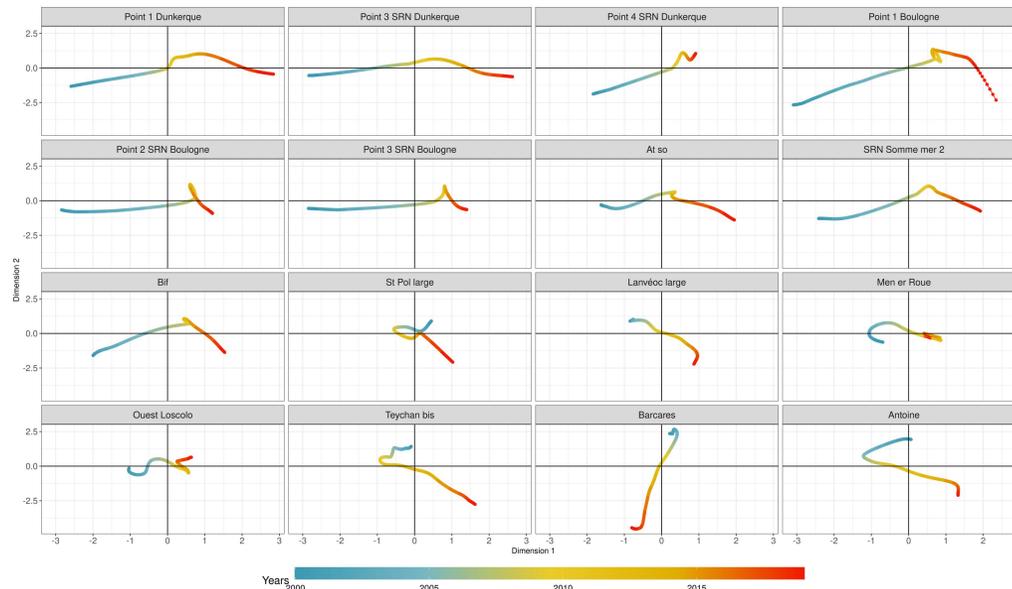
- Extraction des évolutions à long-terme
 - Des unités taxinomiques
 - Des forçages



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche taxonomique

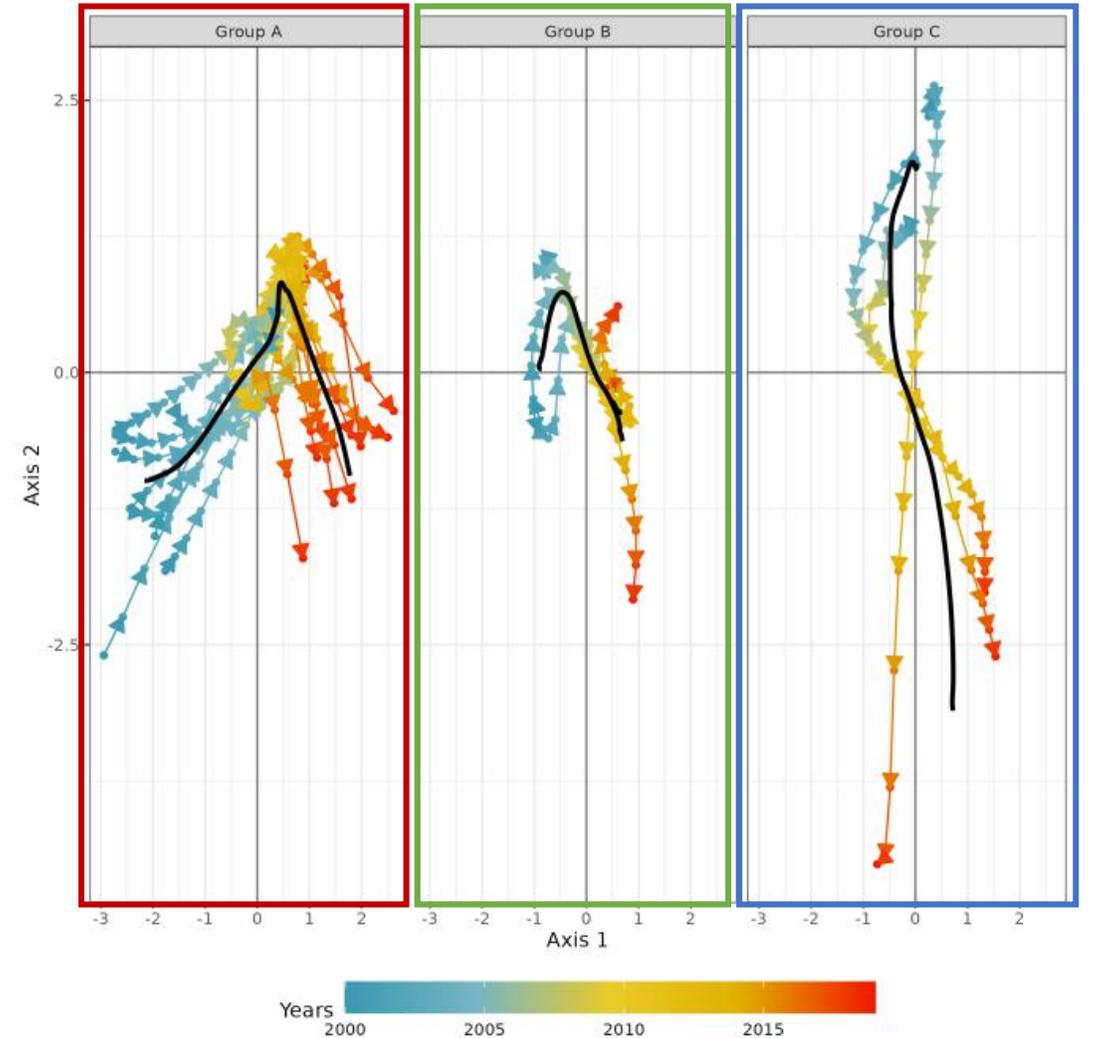
- Extraction des évolutions à long-terme
 - Des unités taxinomiques
 - Des forçages
- Analyses en co-inertie intra et inter-groupe



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche taxinomique

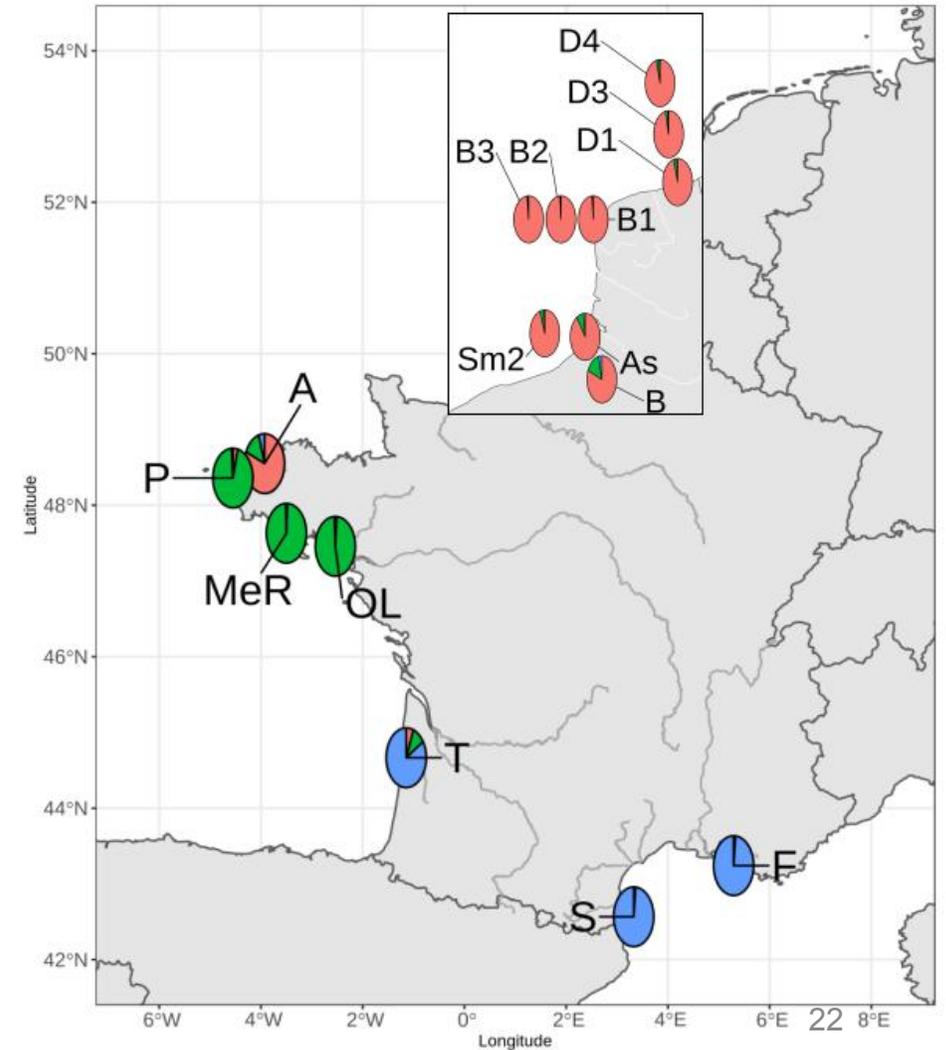
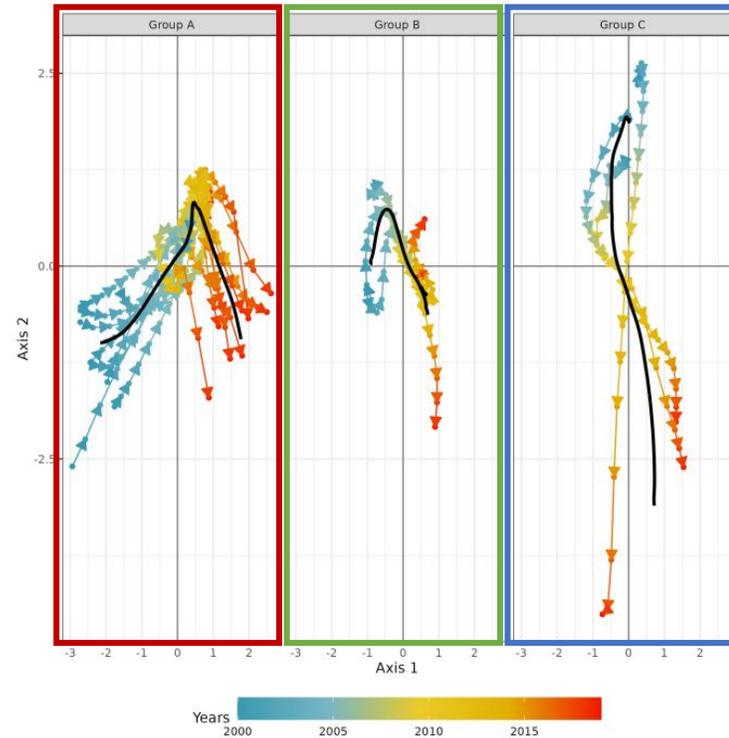
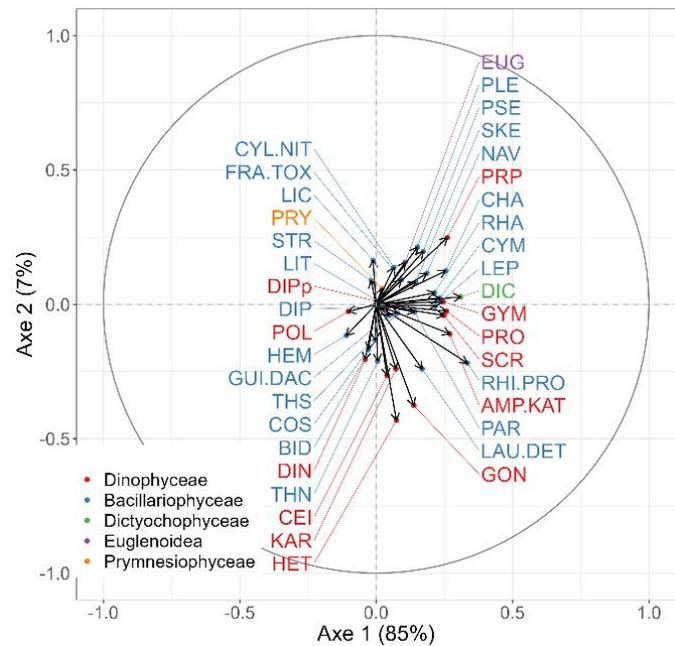
- Extraction des évolutions à long-terme
 - Des unités taxinomiques
 - Des forçages
- Analyses en co-inertie intra et inter-groupe
- Régionalisation



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche taxonomique

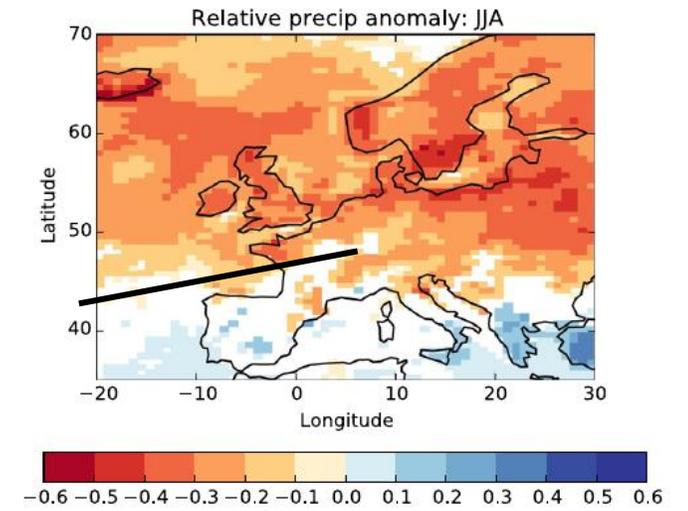
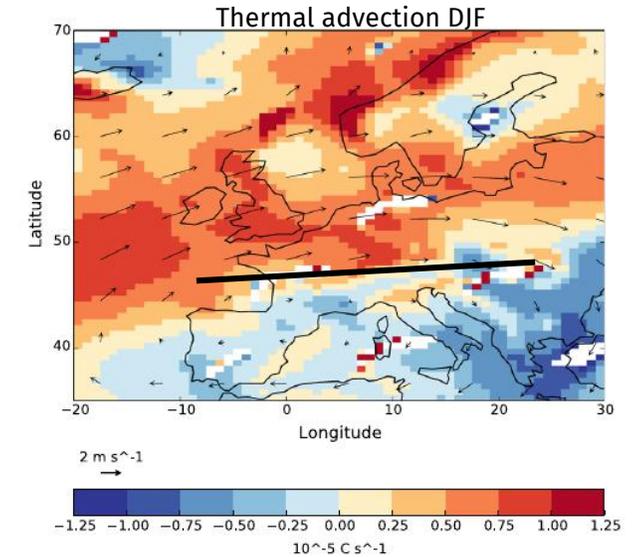
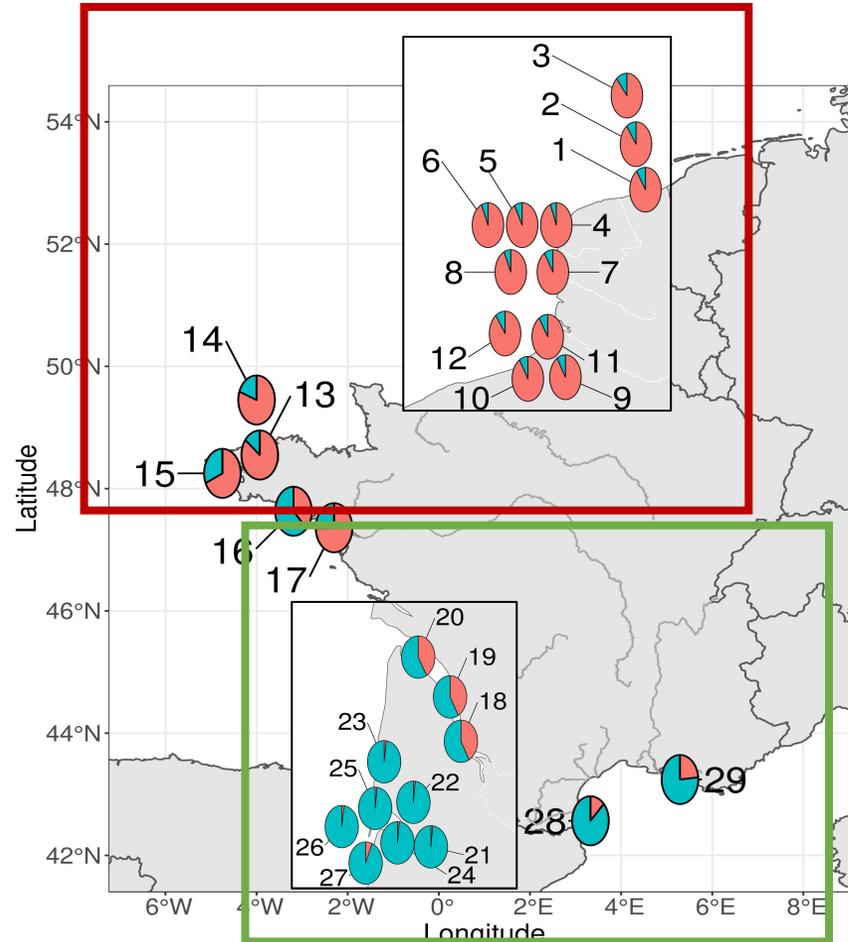
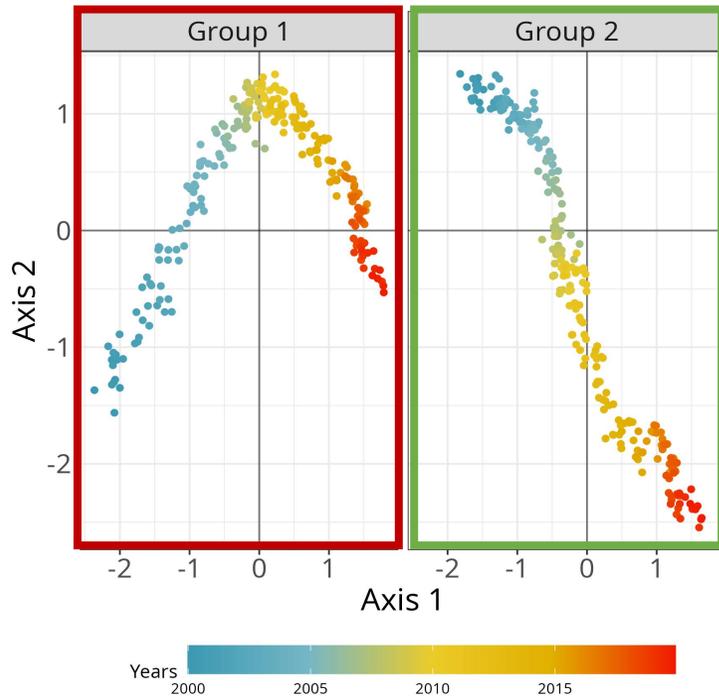
- 3 zones
 - **Ecosystèmes nord**
 - **Ecosystèmes sud**
 - **Ecosystèmes intermédiaires**



Typologie d'évolution des forçages

Approche taxonomique

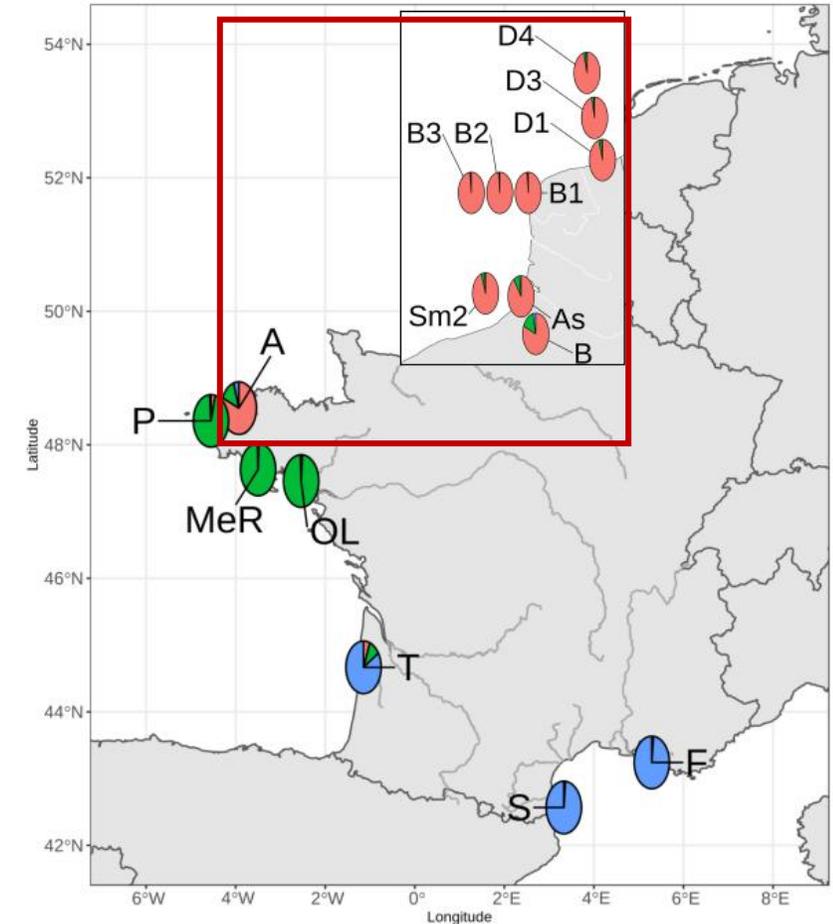
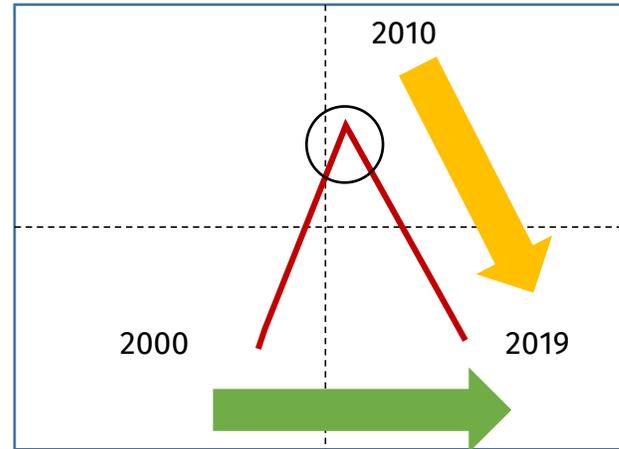
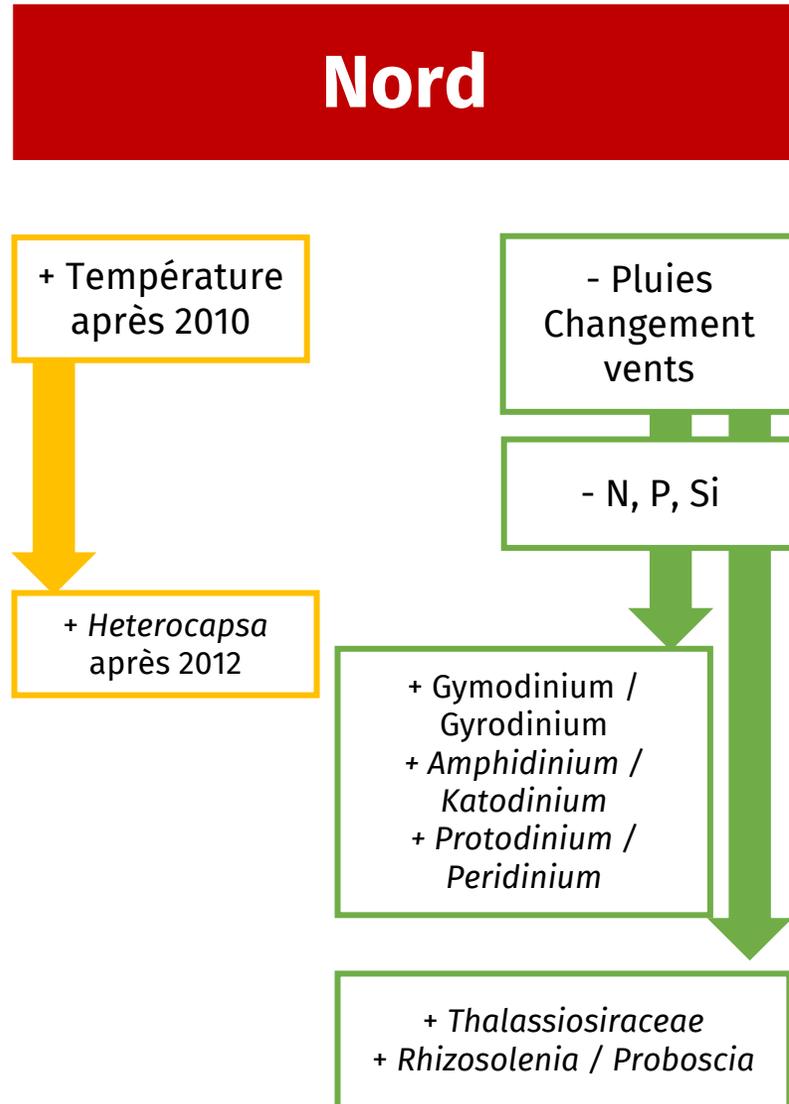
- 2 zones
 - Ecosystèmes nord
 - Ecosystèmes sud



Jackson et al. (2015)

Typologie d'évolution de la diversité taxonomique

Groupe A - Les stations les plus au nord



Typologie d'évolution de la diversité taxonomique

Groupe A - Les stations les plus au nord

Nord

+ Température après 2010

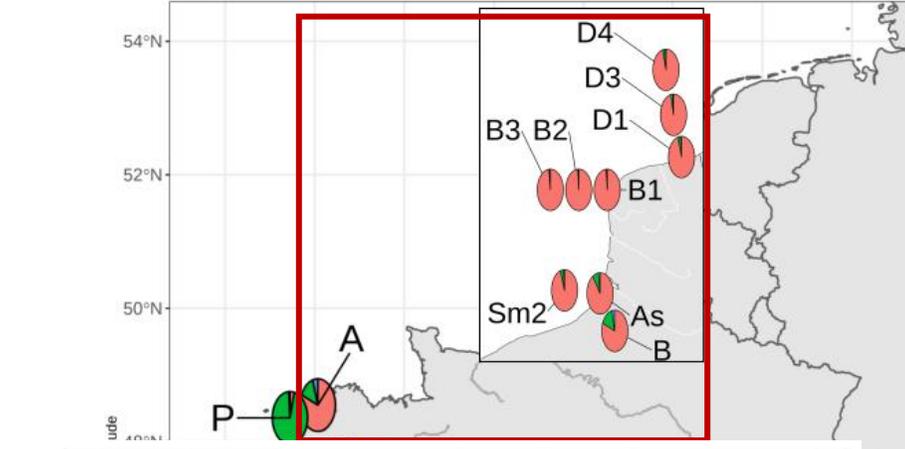
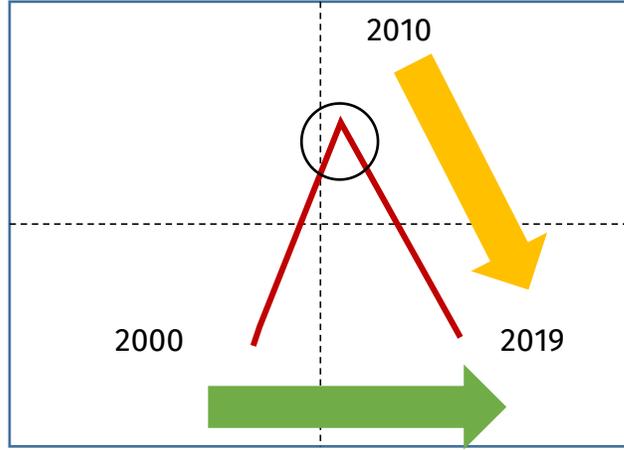
+ *Heterocapsa* après 2012

- Pluies
Changement vents

- N, P, Si

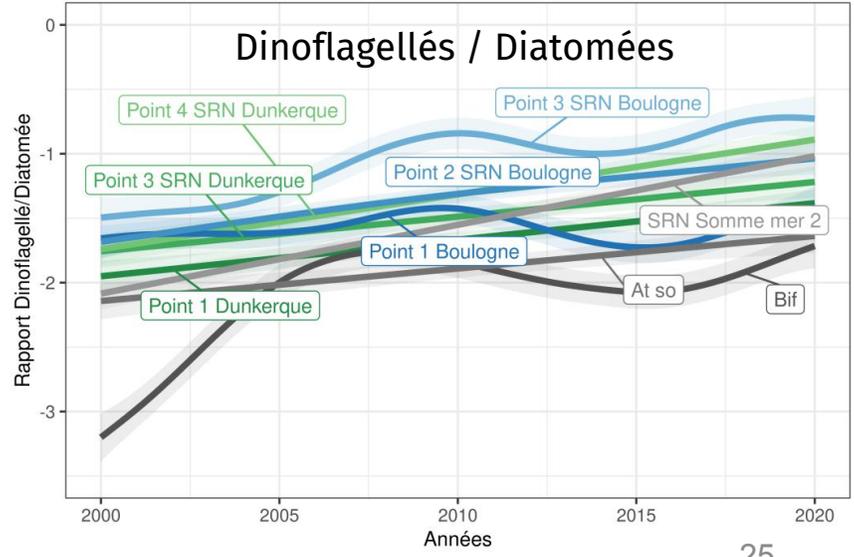
+ *Gymnodinium* / *Gyrodinium*
+ *Amphidinium* / *Katodinium*
+ *Protodinium* / *Peridinium*

+ *Thalassiosiraceae*
+ *Rhizosolenia* / *Proboscia*



Dinoflagellés favorisées par de plus faibles concentrations en nutriments

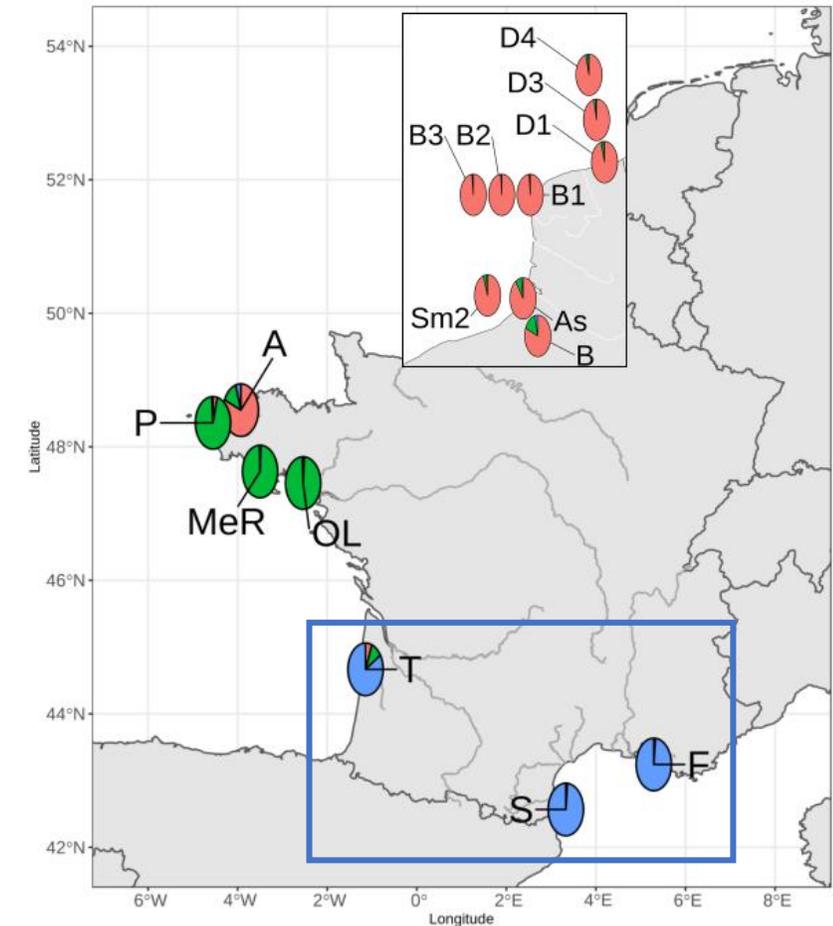
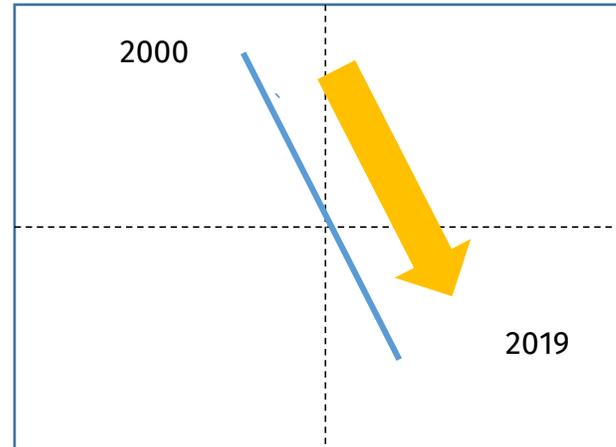
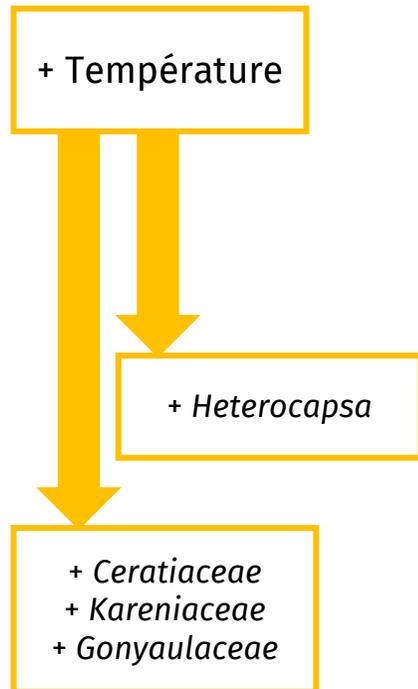
Diatomées favorisées par faible profondeur et brassage des eaux



Typologie d'évolution de la diversité taxonomique

Groupe C - Les stations les plus au sud

Sud



Diversité fonctionnelle

Mise en place



- Liée à l'approche taxonomique
- Complexe à mettre en place

	Type	Moyen (personnes référentes de leurs réalisations sur la base)
Taxonomie	Phylum, Classe, Ordre, Famille, Genre, Espèce	Site WORMS (V. David)
Traits morphologiques	Biovolume Colonialité Degré apparent de silification	Bibliographie (V. David) Bibliographie (E. Breton) Bibliographie (E. Breton)
Traits physiologiques	Mode nutritif Sel nutritif dissous le plus limitant (NO _x , PO ₄ , SiOH ₄) selon les rapports de Redfield (1963) et Brzezinski (1985) Optimum et gamme de tolérance et de nutrition selon Goberville (comm. pers.) des Sels nutritifs (NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ , SiOH ₄) Rapports N/P, Si/N et Si/P Lumière (PAR) Température Salinité Matière en suspension	Bibliographie (F. Rigault-Jalabert) Calcul (V. David) Calcul (V. David)
Traits comportementaux	Habitat (pélagique/tychopelagique) Production de toxine Stratégie CSR	Bibliographie (E. Breton/A. Lheureux) Bibliographie (J. Fauchot) Bibliographie (V. David)

Diversité fonctionnelle

Mise en place



- Liée à l'approche taxonomique
- Complexe à mettre en place

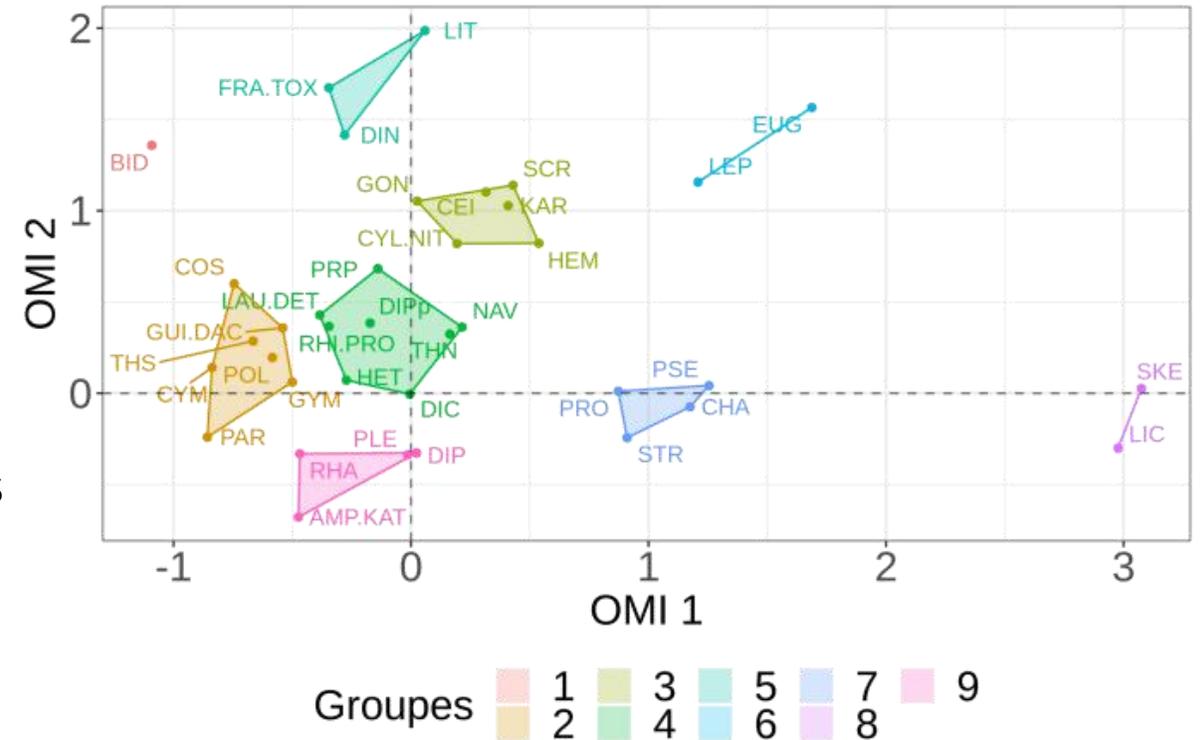
- Base de traits basée sur le littoral français (PHYSALI)
- 39 traits fonctionnels
- Traits qualitatifs / traits quantitatifs
 - Habitat
 - Stratégie CSR
 - Morphologique
 - Optimum écologiques
 - Gammes tolérance et croissance

	Type	Moyen (personnes référentes de leurs réalisations sur la base)
Taxonomie	Phylum, Classe, Ordre, Famille, Genre, Espèce	Site WORMS (V. David)
Traits morphologiques	Biovolume Colonialité Degré apparent de silification	Bibliographie (V. David) Bibliographie (E. Breton) Bibliographie (E. Breton)
Traits physiologiques	Mode nutritif Sel nutritif dissous le plus limitant (NO _x , PO ₄ , SiOH ₄) selon les rapports de Redfield (1963) et Brzezinski (1985) Optimum et gamme de tolérance et de nutrition selon Goberville (comm. pers.) des Sels nutritifs (NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ , SiOH ₄) Rapports N/P, Si/N et Si/P Lumière (PAR) Température Salinité Matière en suspension	Bibliographie (F. Rigault-Jalabert) Calcul (V. David) Calcul (V. David)
Traits comportementaux	Habitat (pélagique/tychopelagique) Production de toxine Stratégie CSR	Bibliographie (E. Breton/A. Lheureux) Bibliographie (J. Fauchot) Bibliographie (V. David)

Diversité fonctionnelle

Mise en place

- Liée à l'approche taxonomique
- Complexe à mettre en place
- Base de traits basée sur le littoral français
- 39 traits fonctionnels
- Traits qualitatifs / traits quantitatifs
 - Habitat
 - Stratégie CSR
 - Morphologique
 - Optimum écologiques
 - Gammes tolérance et croissance

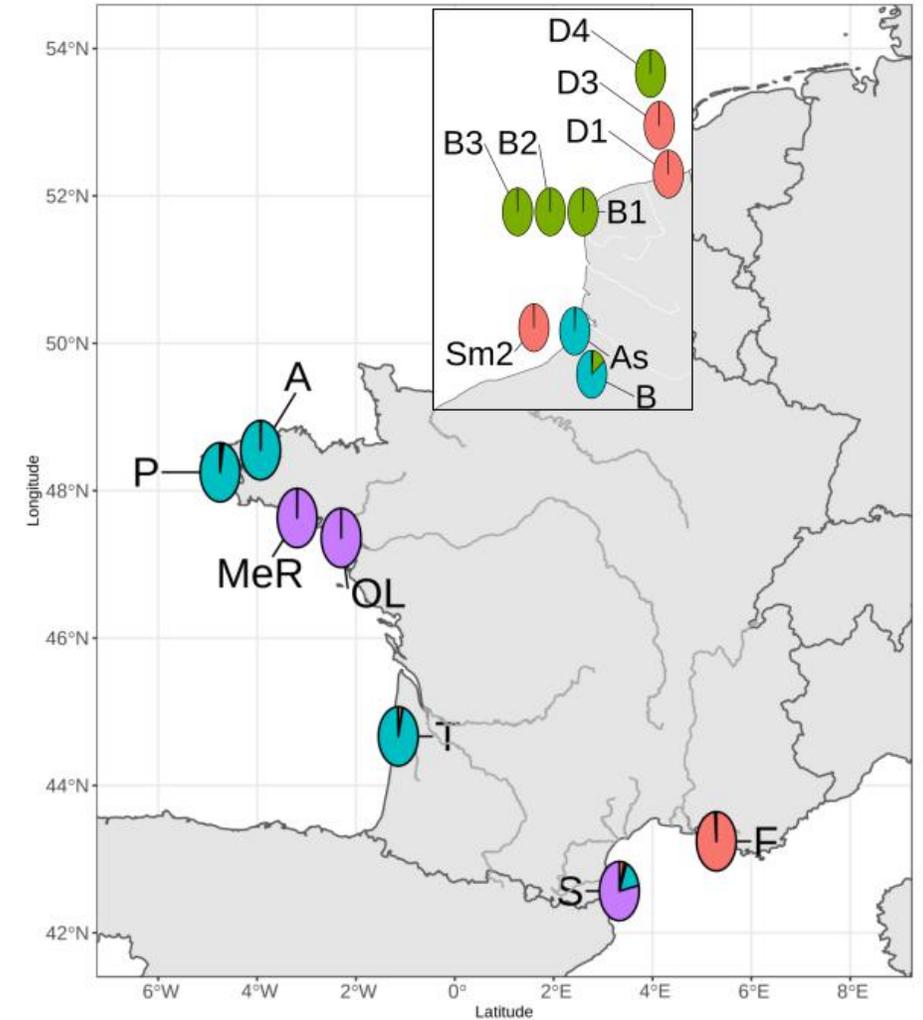
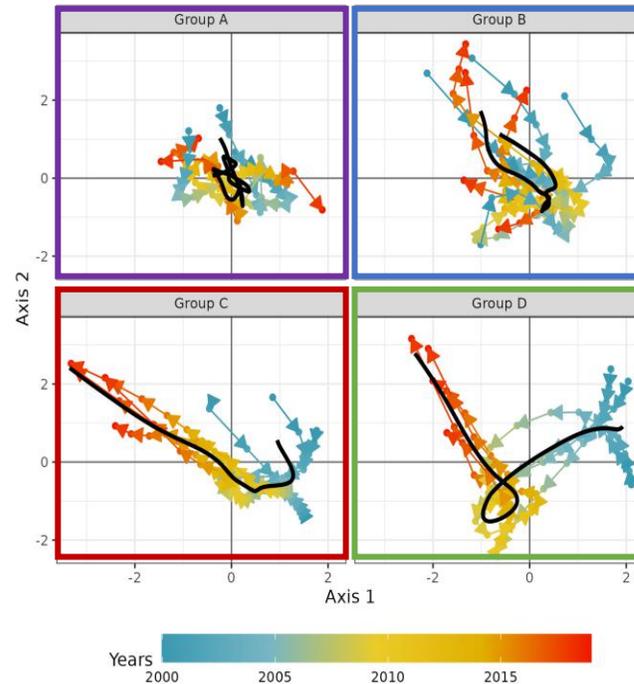


-> 9 groupes fonctionnels significativement différents

Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche fonctionnelle

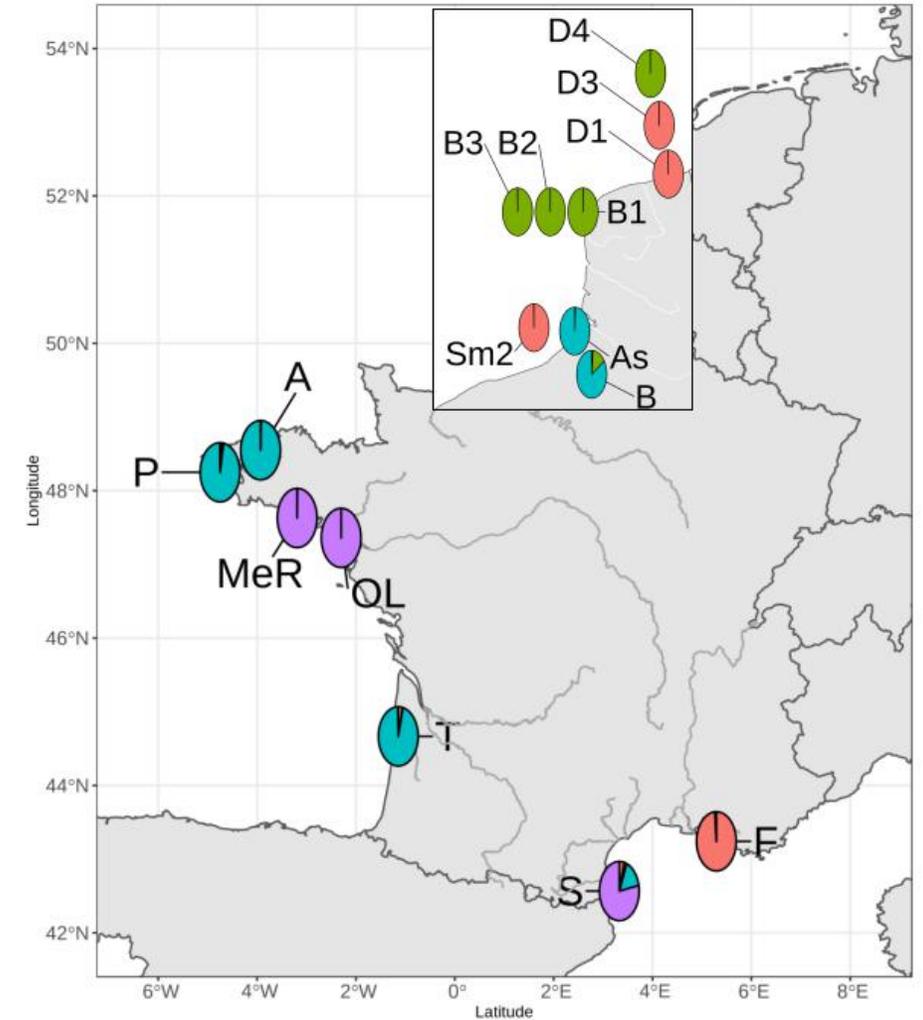
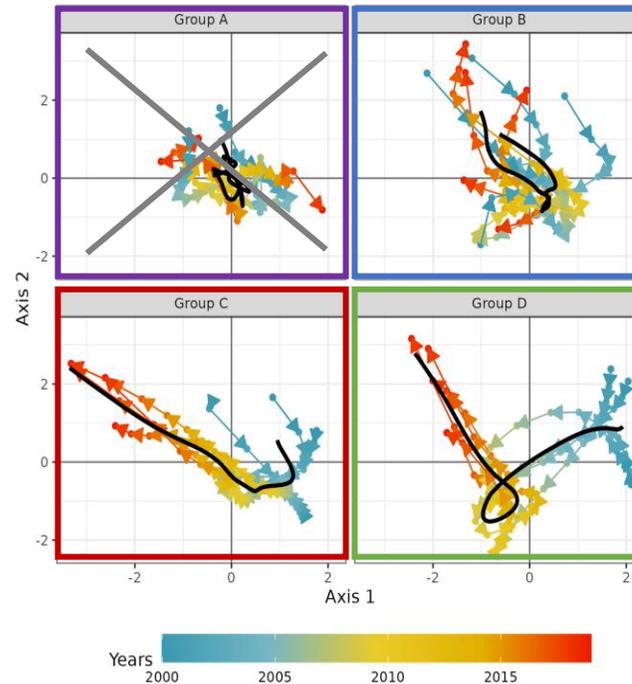
- 4 groupes



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche fonctionnelle

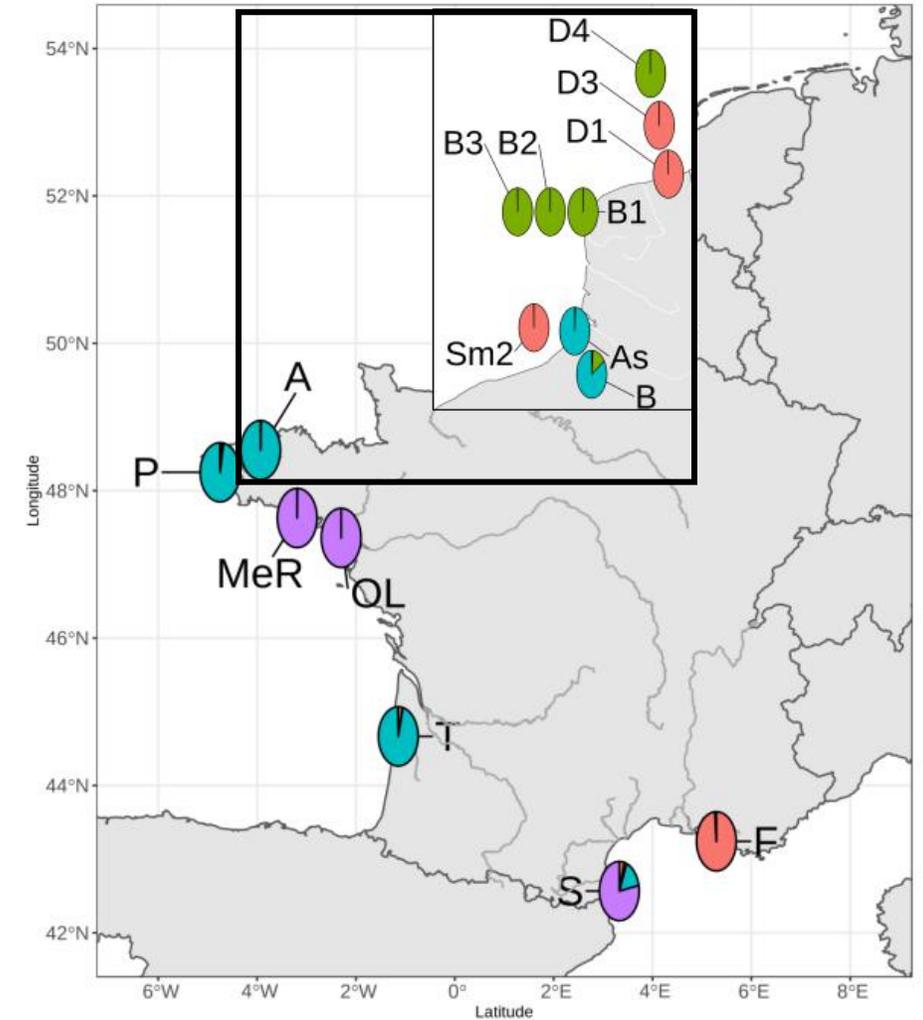
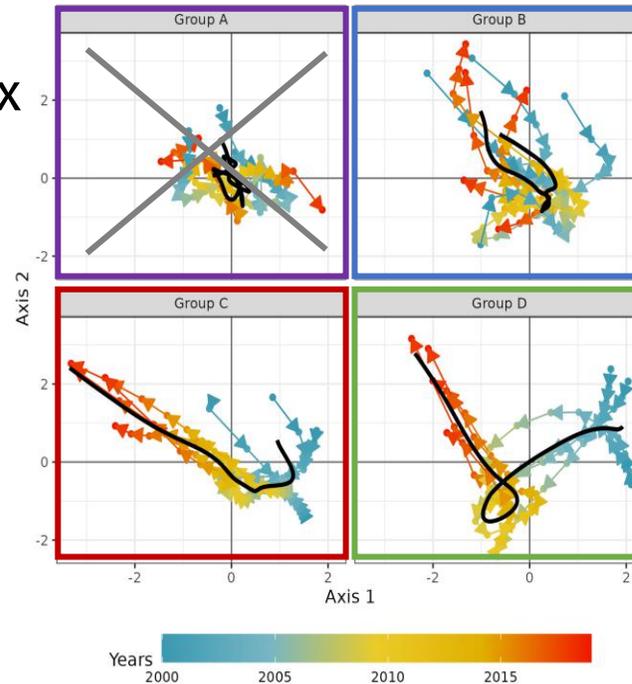
- 4 groupes



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche fonctionnelle

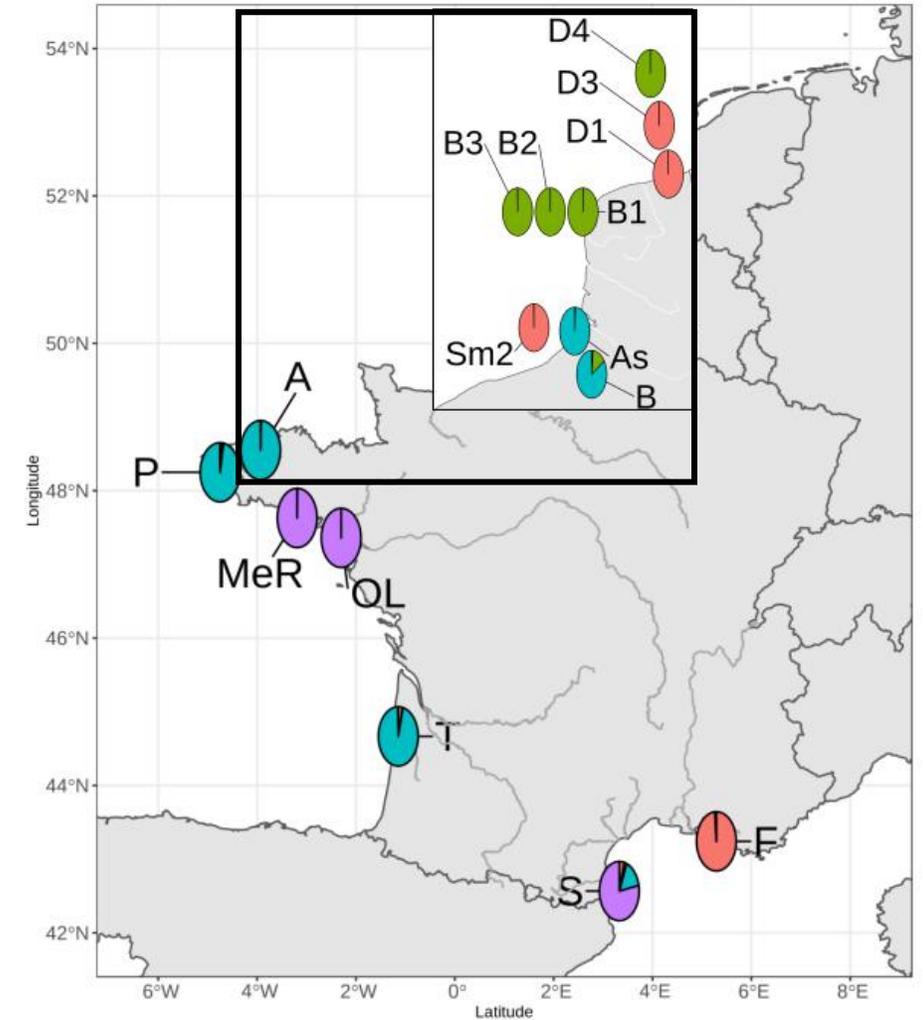
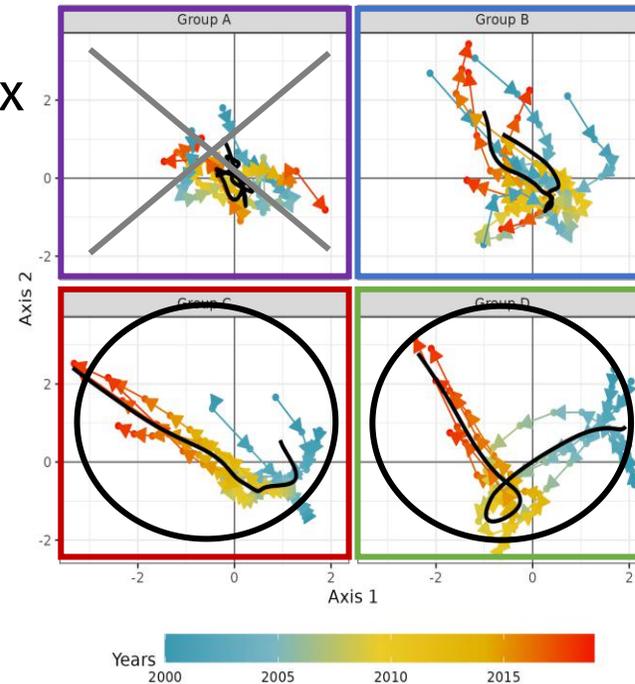
- 4 groupes
 - Gradient de profondeur
 - Renouvellement des eaux



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche fonctionnelle

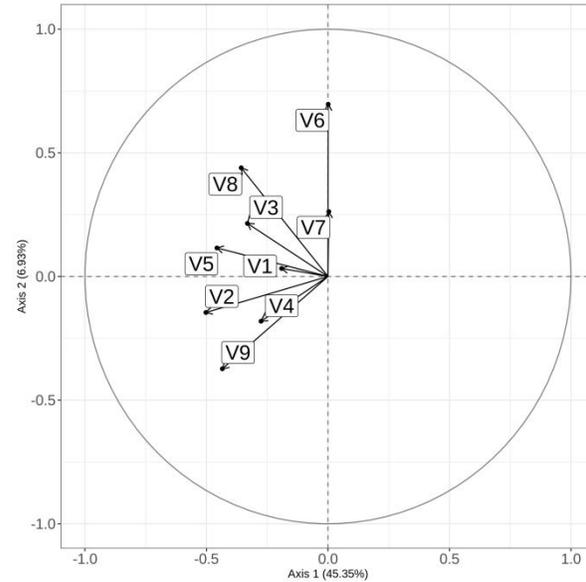
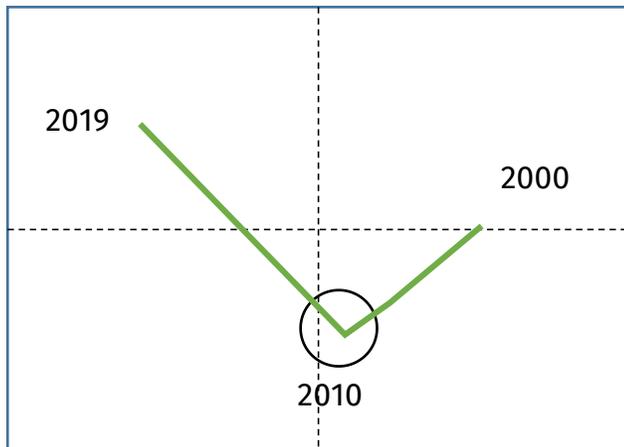
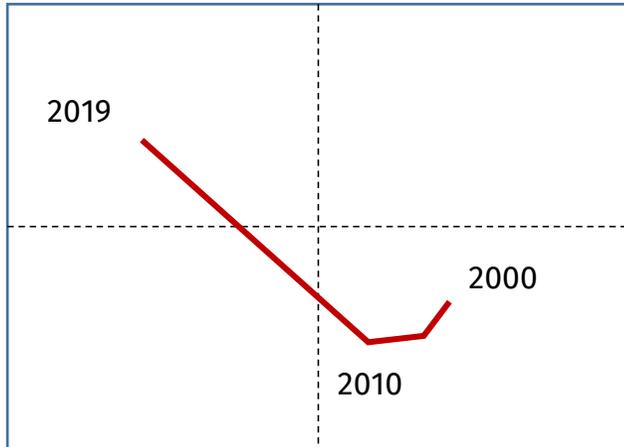
- 4 groupes
 - Gradient de profondeur
 - Renouvellement des eaux



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche fonctionnelle

- Groupes C et D évoluent

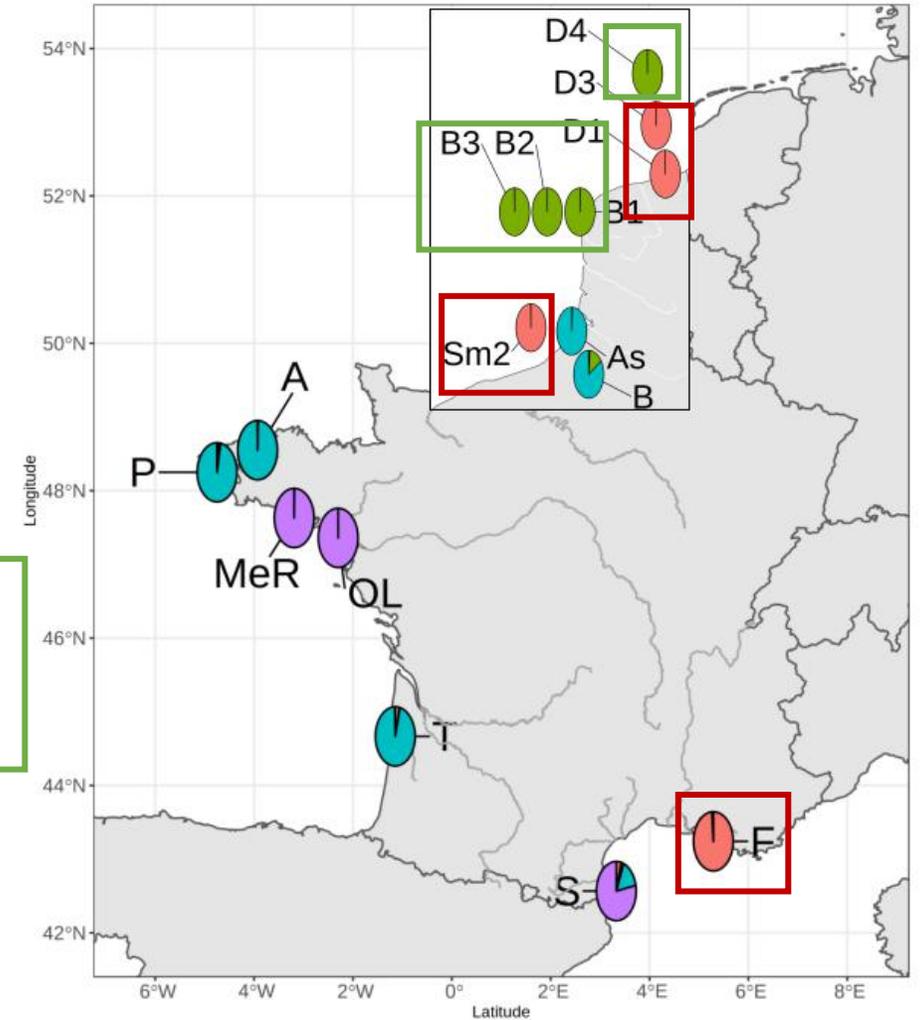


- Groupe Fonctionnel 2
 - Cellules coloniales
 - Eaux froides
- Groupe Fonctionnel 9
 - Cellules benthiques
 - Corrélées aux vents

Gymnodinium / Gyrodinium Thalassiosiraceae

Amphidinium + Katodinium

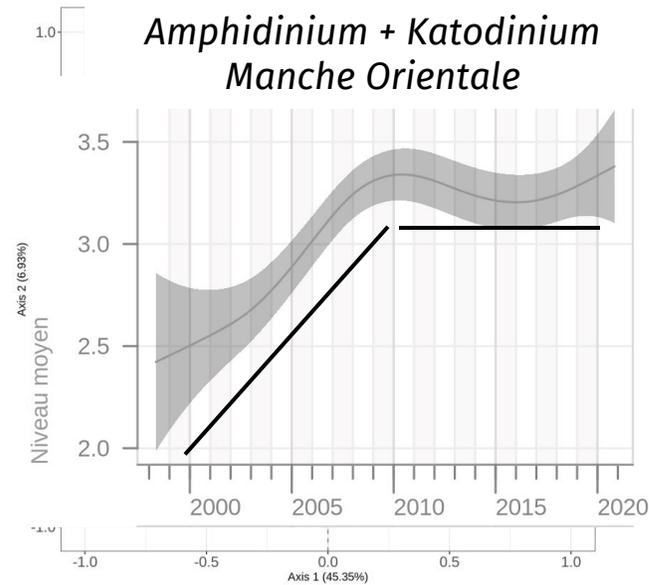
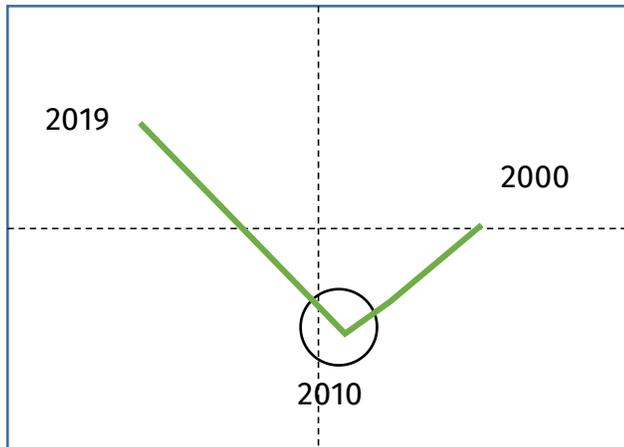
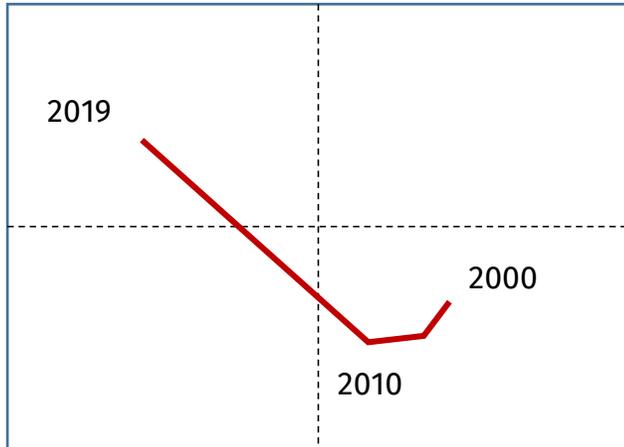
2000-2010



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche fonctionnelle

- Groupes C et D évoluent



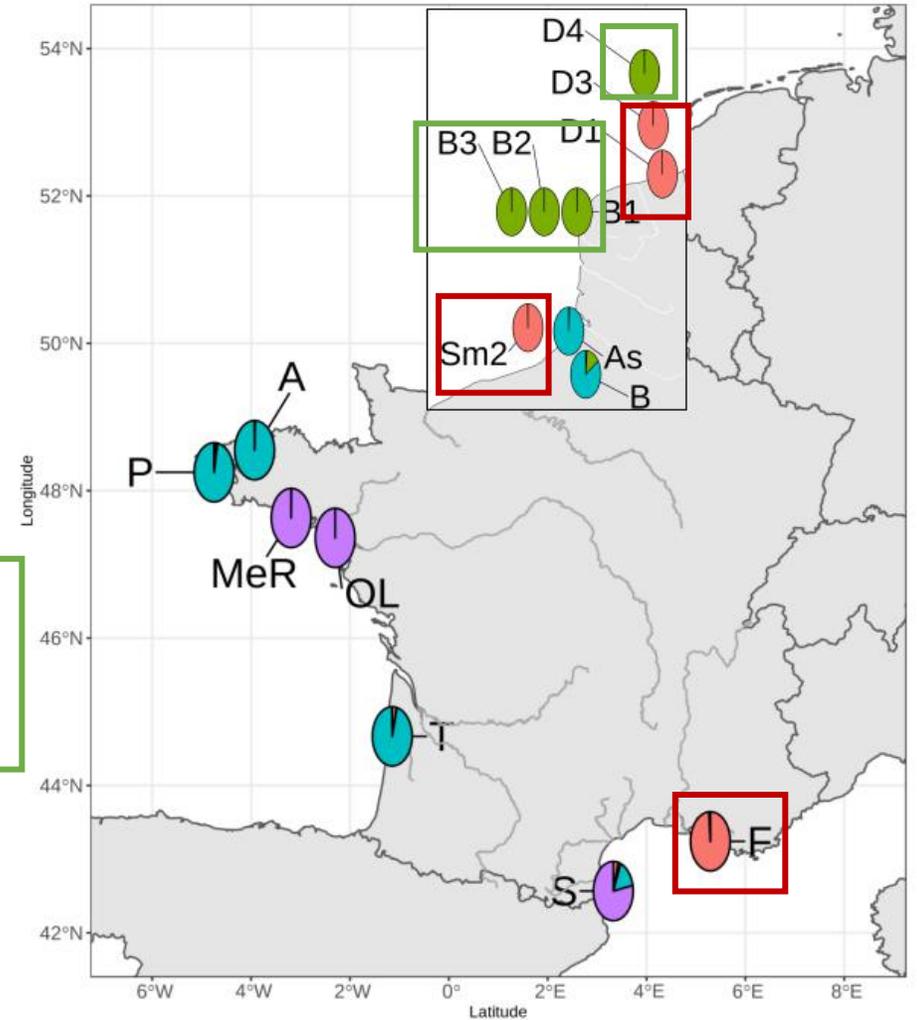
Groupe Fonctionnel 2
 • Cellules coloniales
 • Eaux froides

Groupe Fonctionnel 9
 • Cellules benthiques
 • Corrélées aux vents

Gymnodinium / Gyrodinium Thalassiosiraceae

Amphidinium + Katodinium

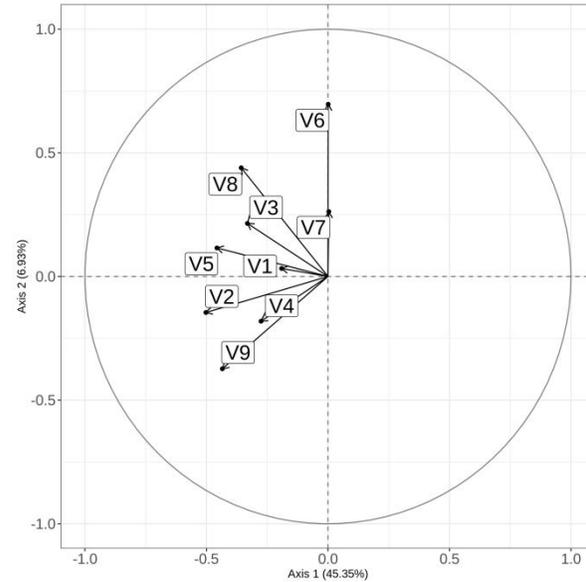
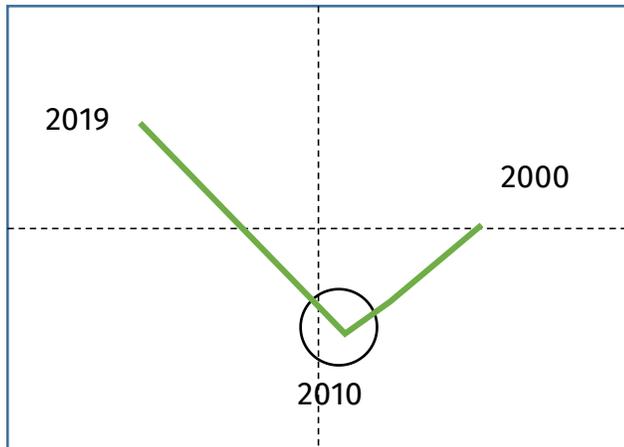
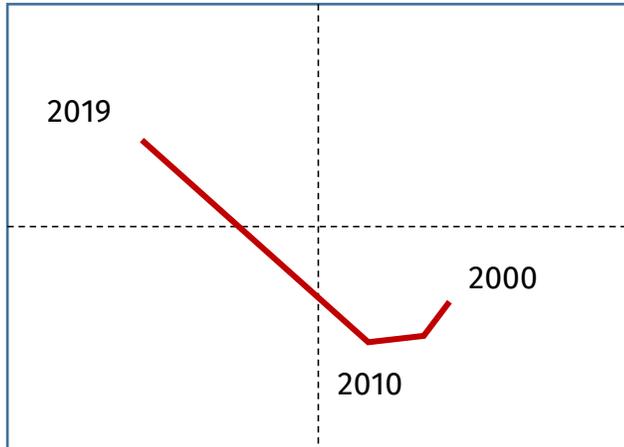
2000-2010



Typologie d'évolution de la diversité du phytoplancton

Approche fonctionnelle

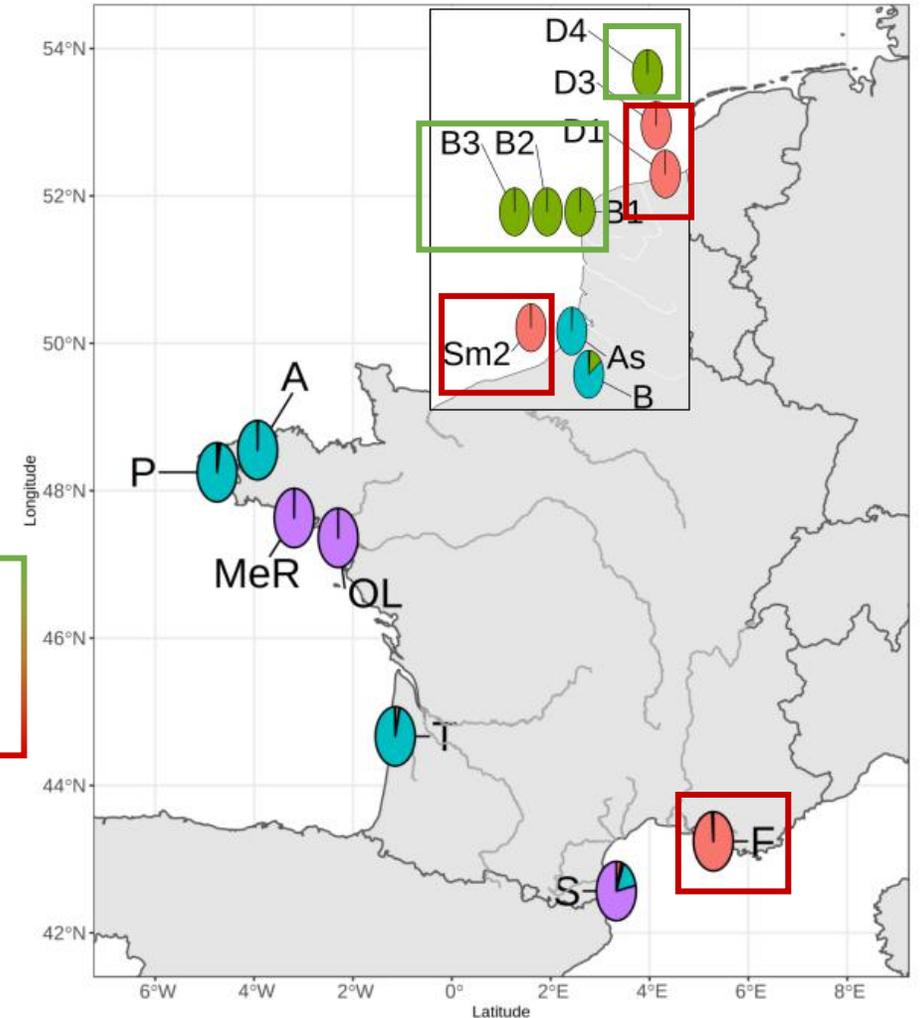
- Groupes C et D évoluent



Groupe Fonctionnel 5
• Stratégie S et R

Groupe Fonctionnel 8
• Stratégie R
• Cellules silicifiées
• Cellules toxiques

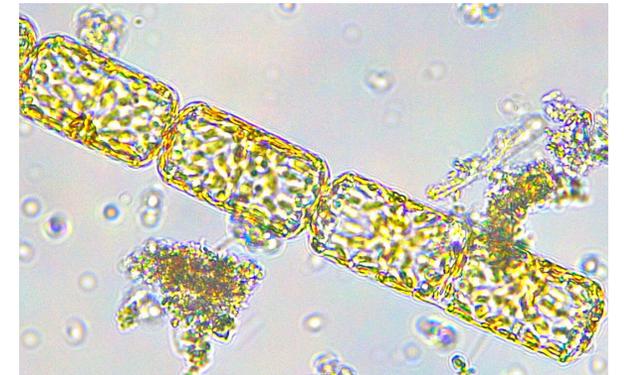
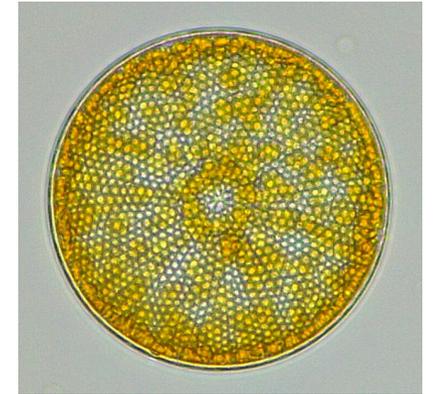
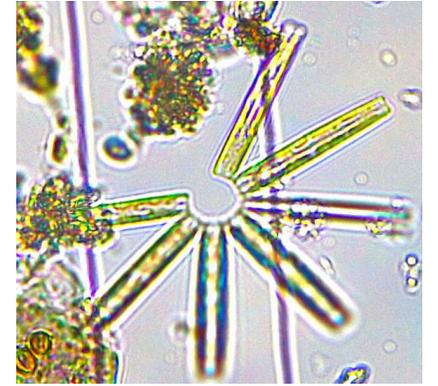
Stratégie S = adaptées aux faibles quantités de nutriments
Stratégie R = adaptées aux milieu turbulents



2010-2019

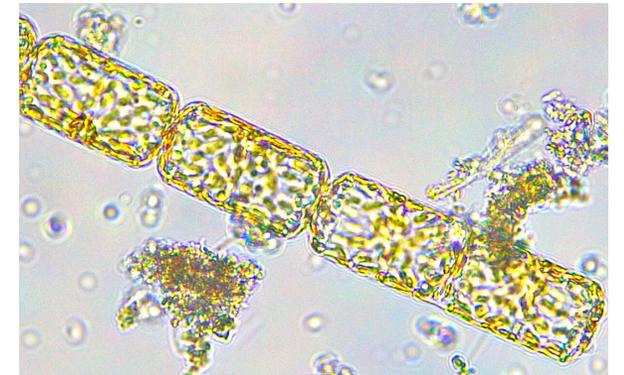
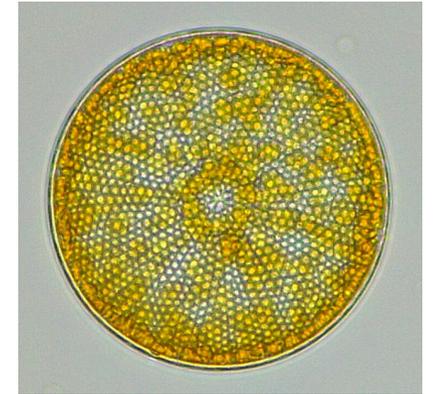
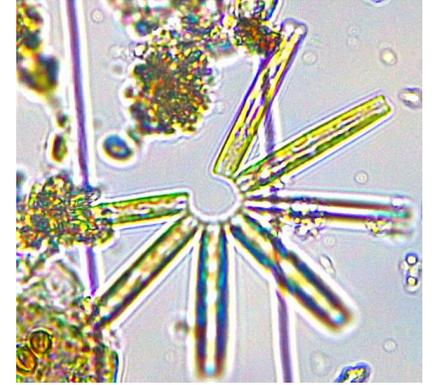
Conclusion évolution du phytoplancton

- Evolutions phytoplancton différentes
 - Globalement augmentation rapport dinoflagellés / diatomées
 - Variations locales
 - Manche : augmentation UT stratégies S et R / thermophiles
 - Méditerranée : augmentation thermophiles



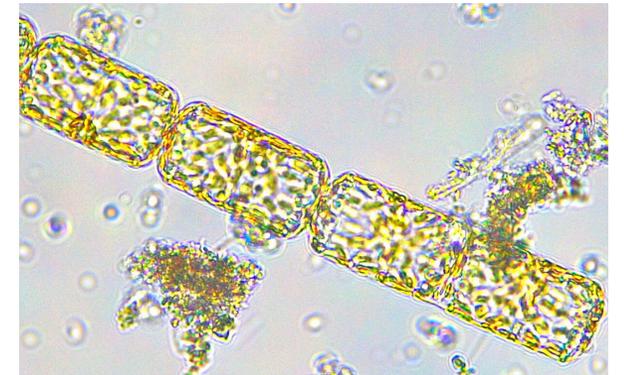
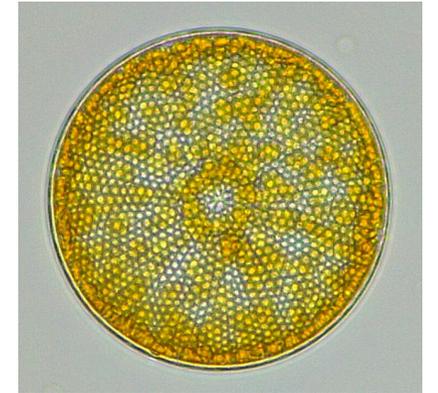
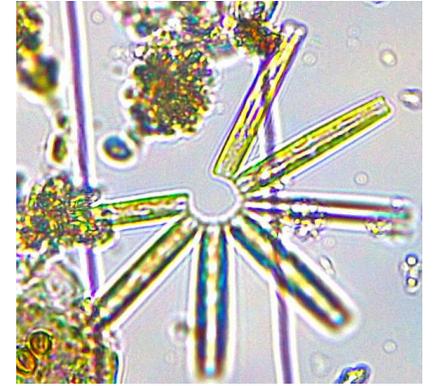
Conclusion évolution du phytoplancton

- Evolutions phytoplancton différentes
 - Globalement augmentation rapport dinoflagellés / diatomées
 - Variations locales
 - Manche : augmentation UT stratégies S et R / thermophiles
 - Méditerranée : augmentation thermophiles
- Influence du climat large-échelle
 - Nord vs sud
 - Deux périodes distinctes (écosystèmes du nord)

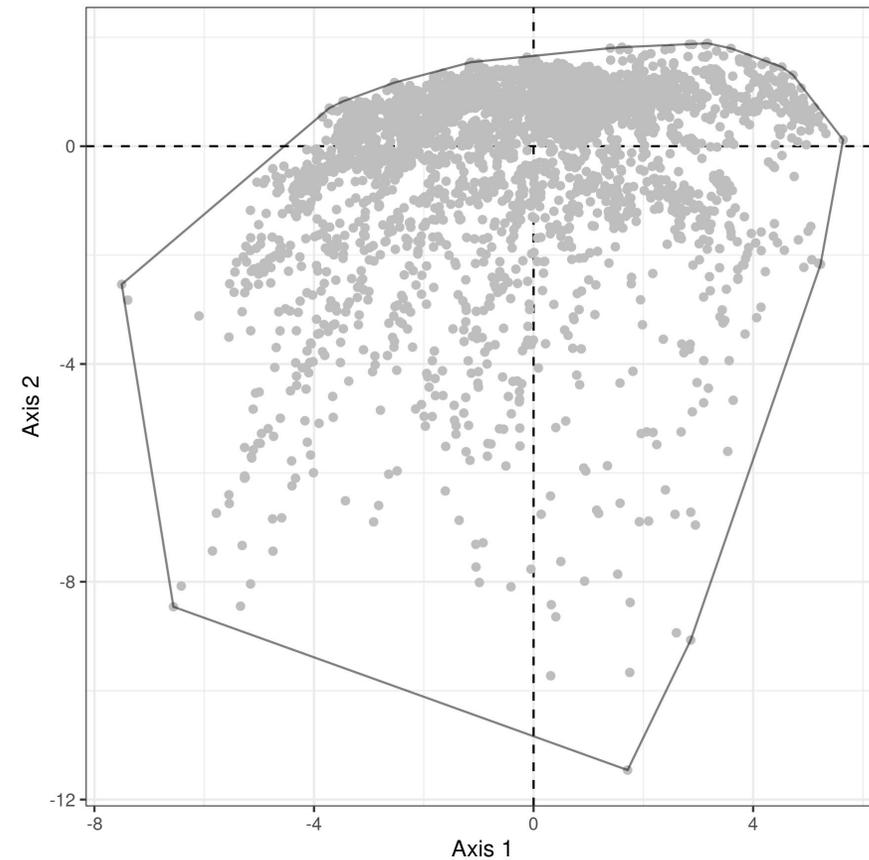
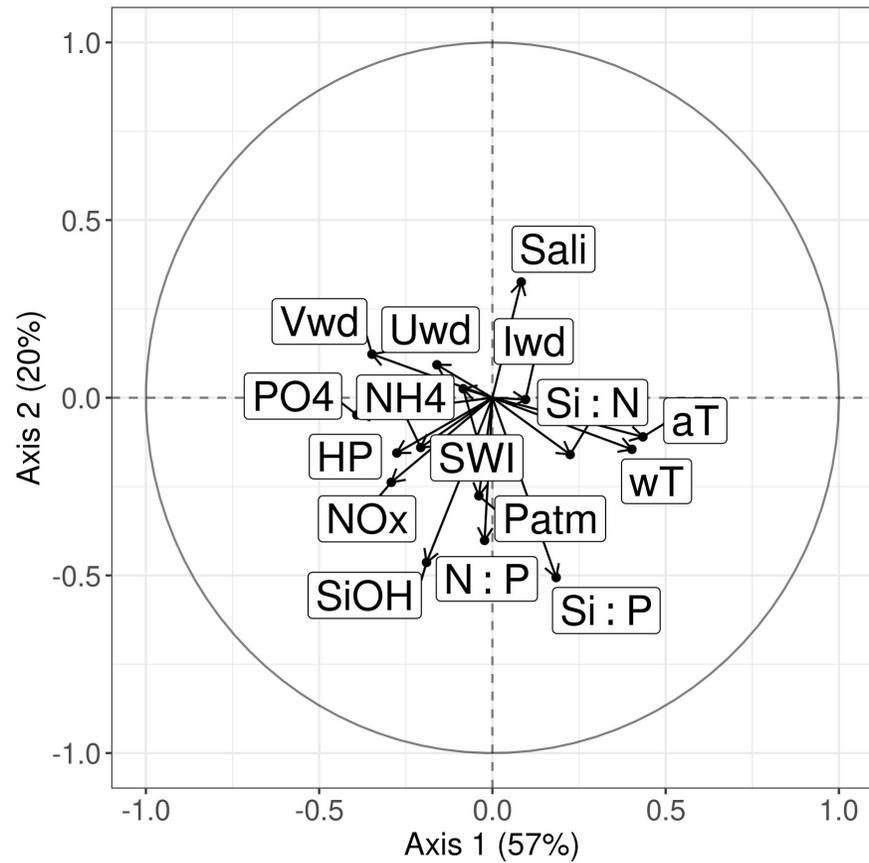


Conclusion évolution du phytoplancton

- Evolutions phytoplancton différentes
 - Globalement augmentation rapport dinoflagellés / diatomées
 - Variations locales
 - Manche : augmentation UT stratégies S et R / thermophiles
 - Méditerranée : augmentation thermophiles
- Influence du climat large-échelle
 - Nord vs sud
 - Deux périodes distinctes (écosystèmes du nord)
- Influence locale
 - Profondeur / taux de renouvellement des eaux

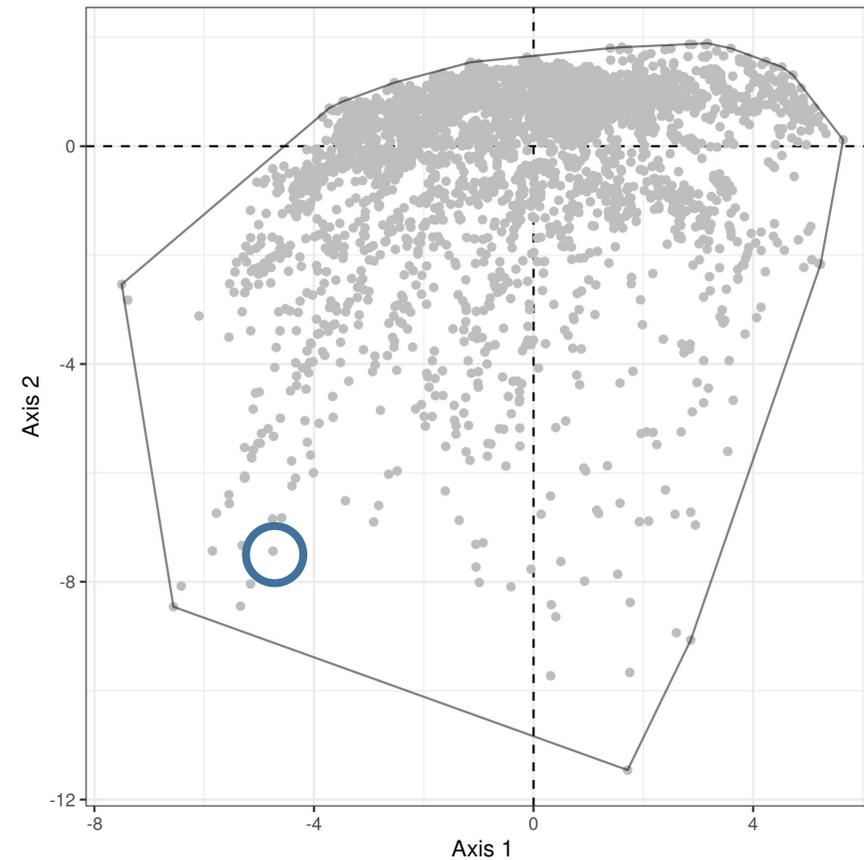
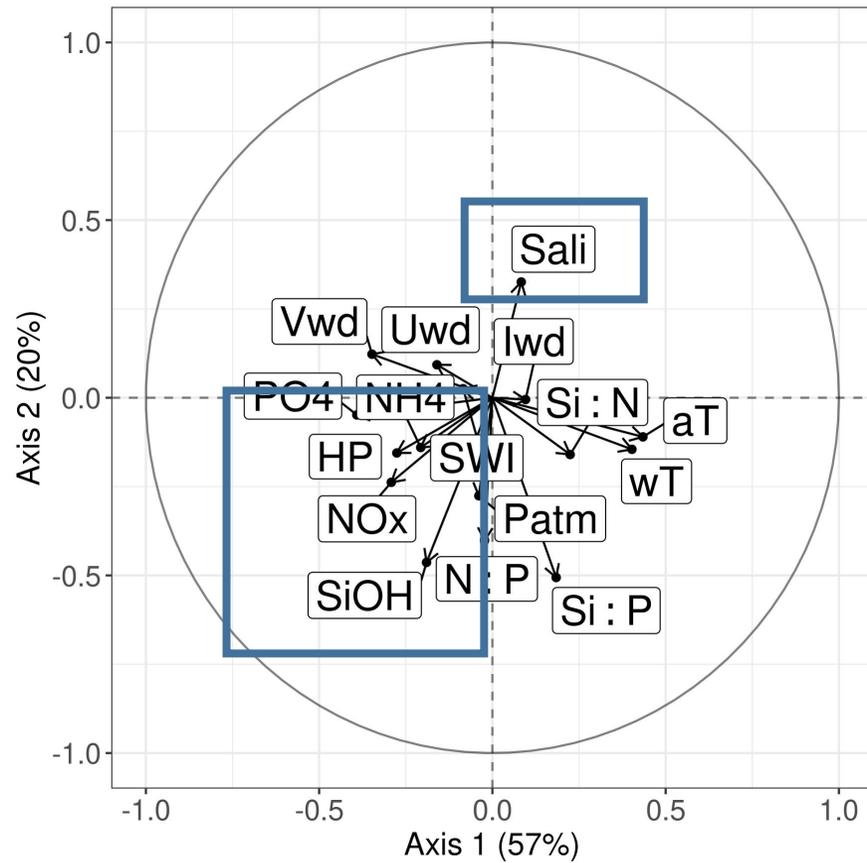


Analyse de niche



- Outlying Mean Index (Dolédec et al. 2000)
- Contraindre chaque UT par les conditions environnementales

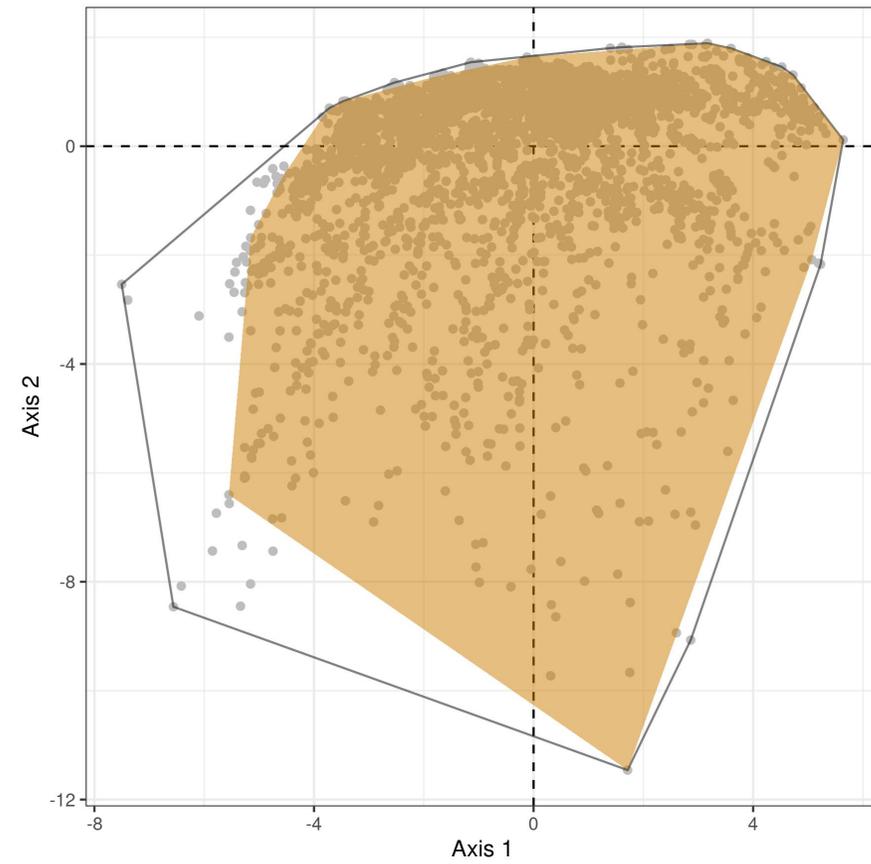
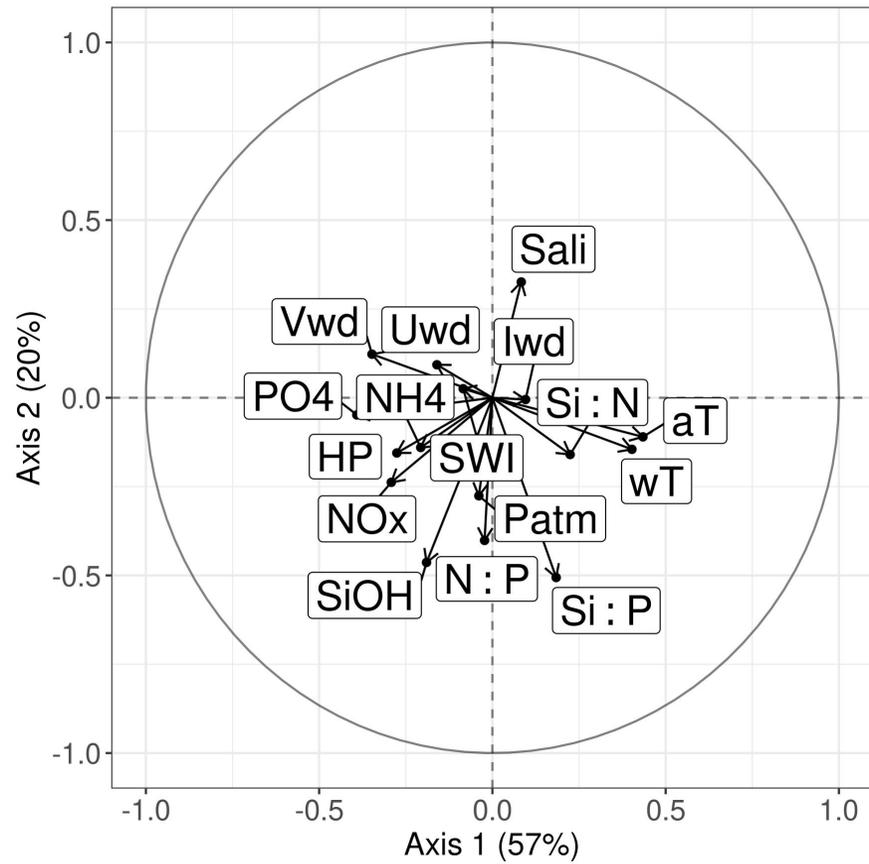
Analyse de niche



- Outlying Mean Index (Dolédec et al. 2000)
- Contraindre chaque UT par les conditions environnementales

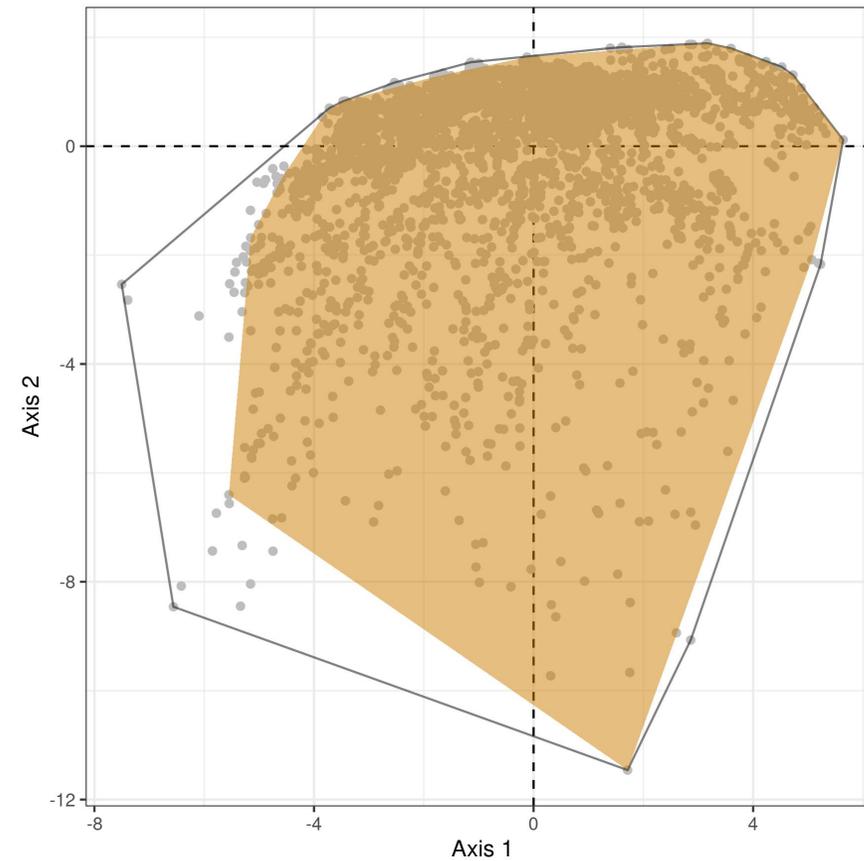
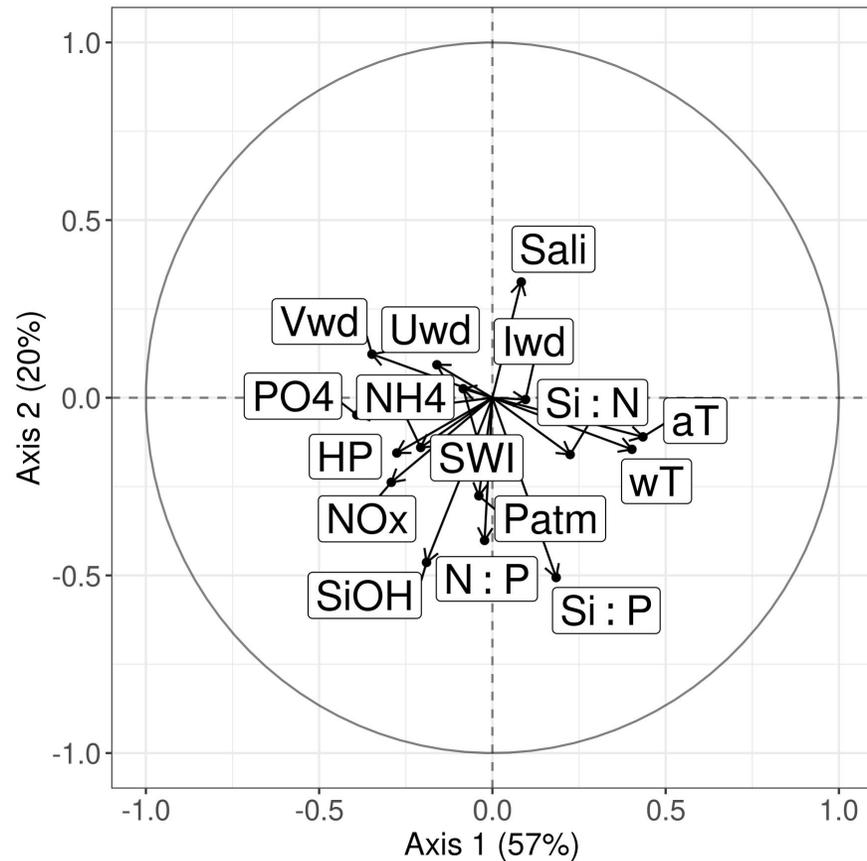
Analyse de niche

Prorocentrum + Mesoporos



Analyse de niche

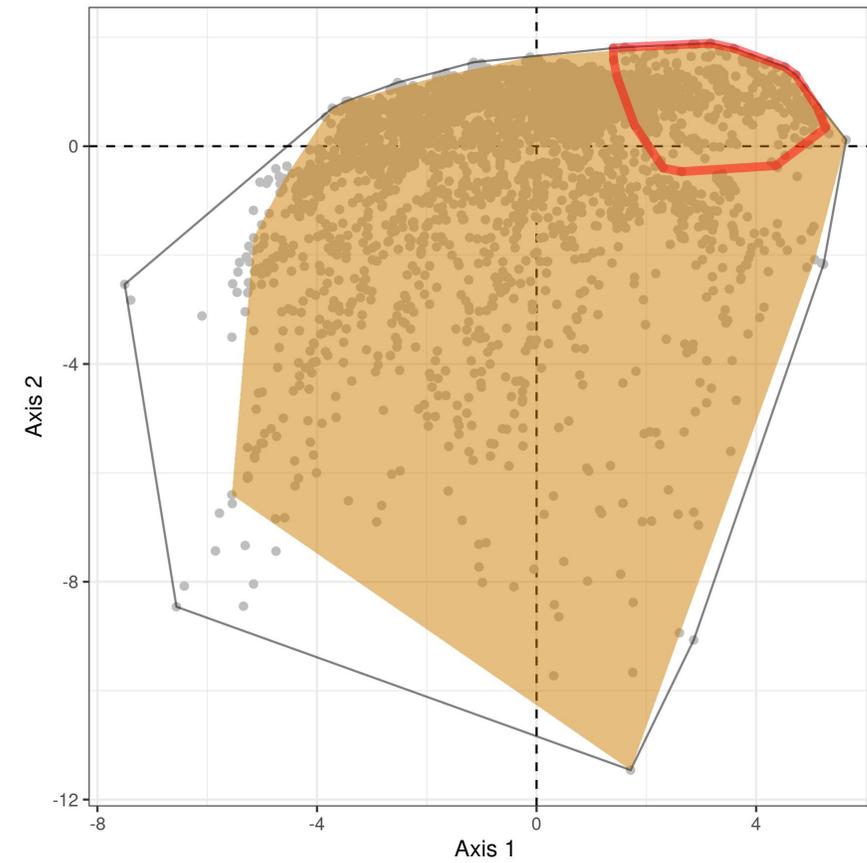
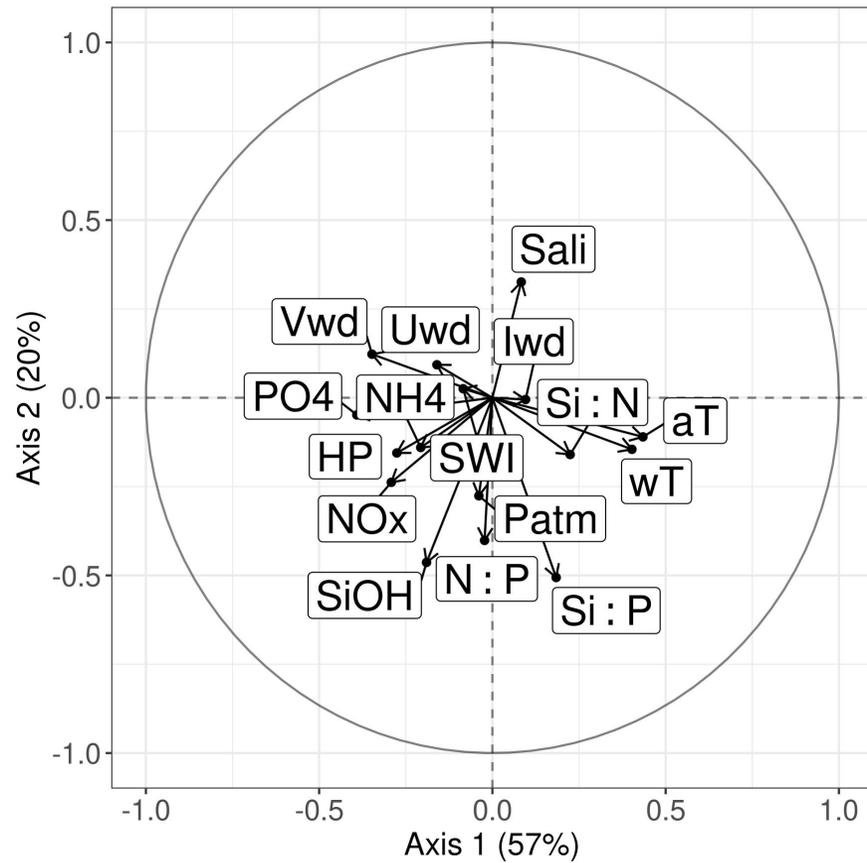
Prorocentrum + Mesoporos



- UT peu marginale car majoritairement présente dans les conditions environnementales les plus représentées (omi = 5.0 %)
- UT tolérante car présente dans une grande partie de l'environnement (tol = 19.2%)
- Niche fondamentale

Analyse de niche

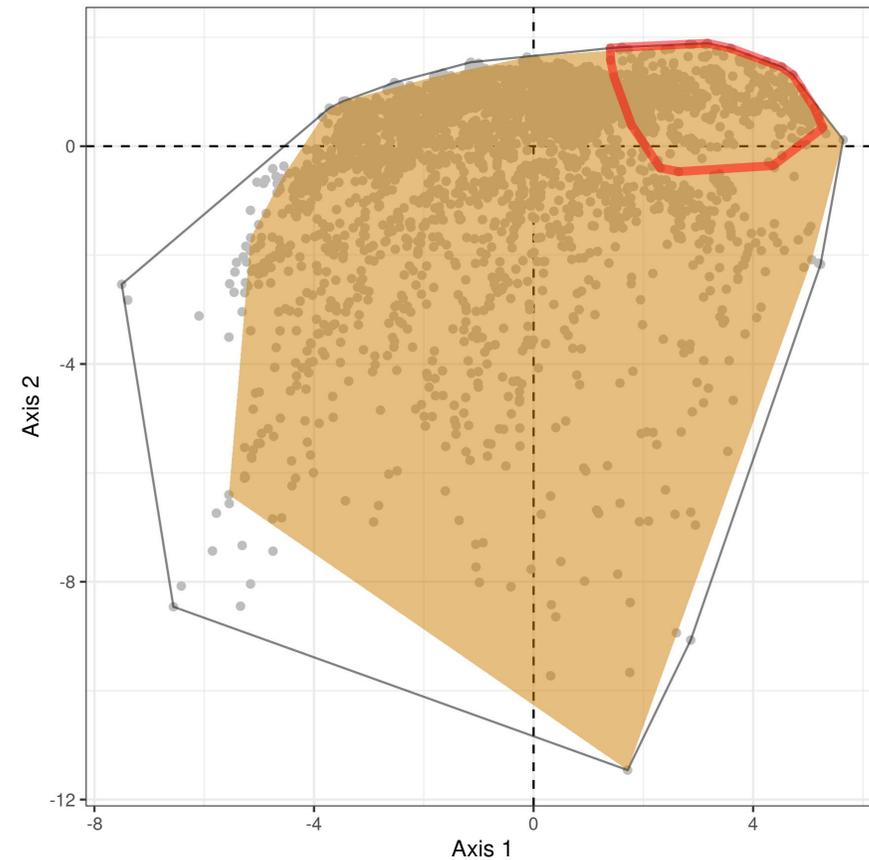
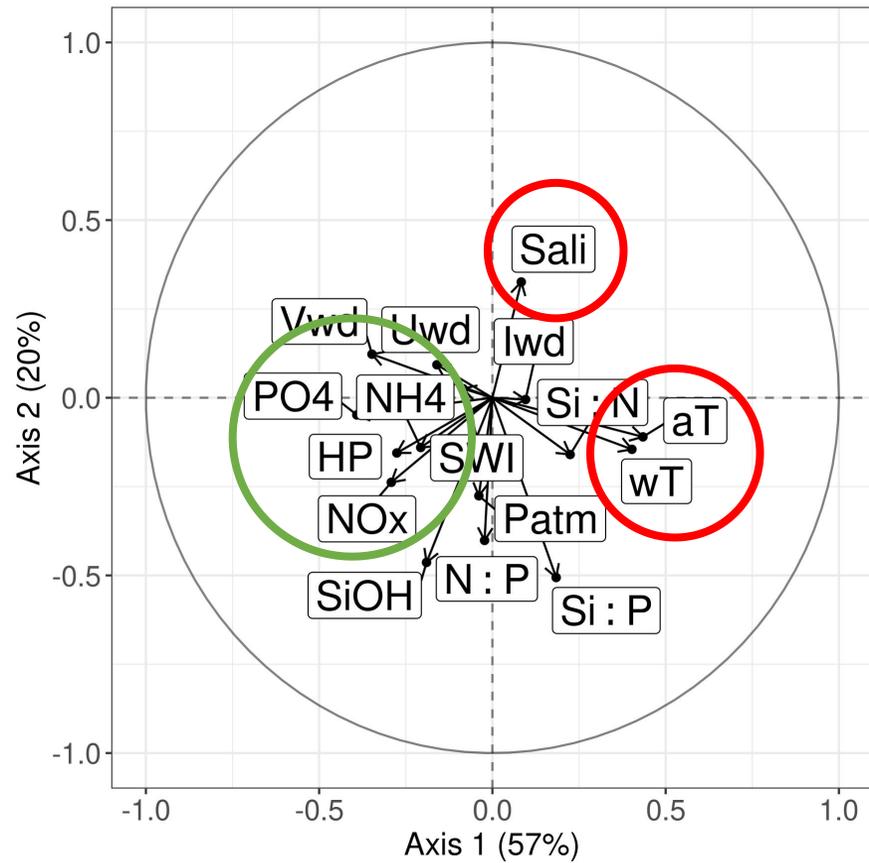
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



- Représenter les conditions environnementales en un sous-environnement

Analyse de niche

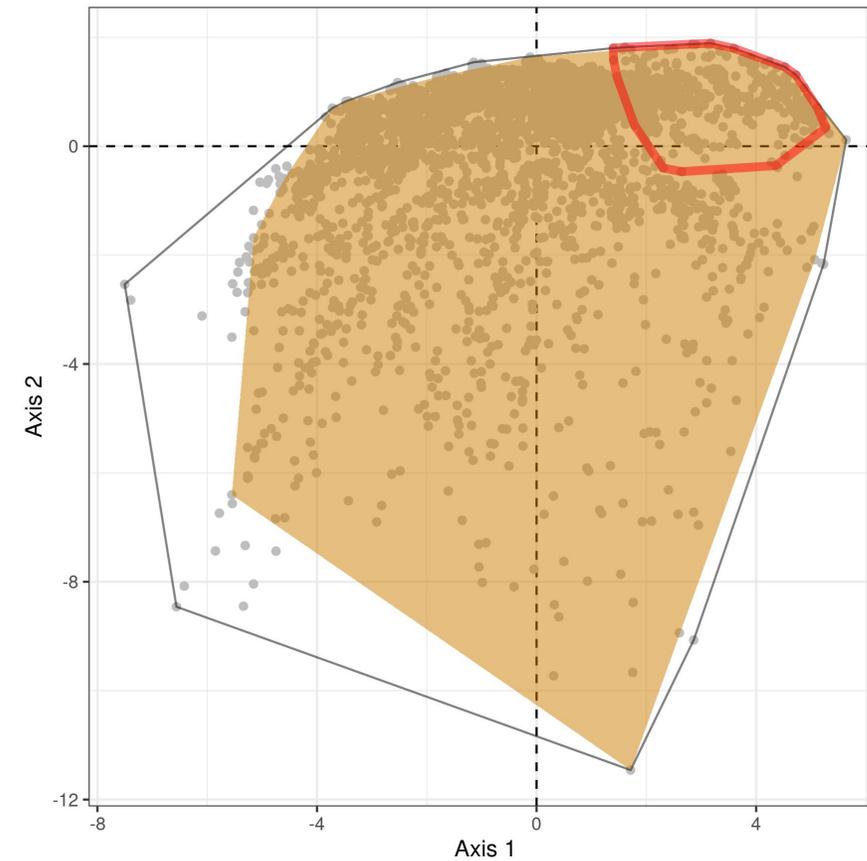
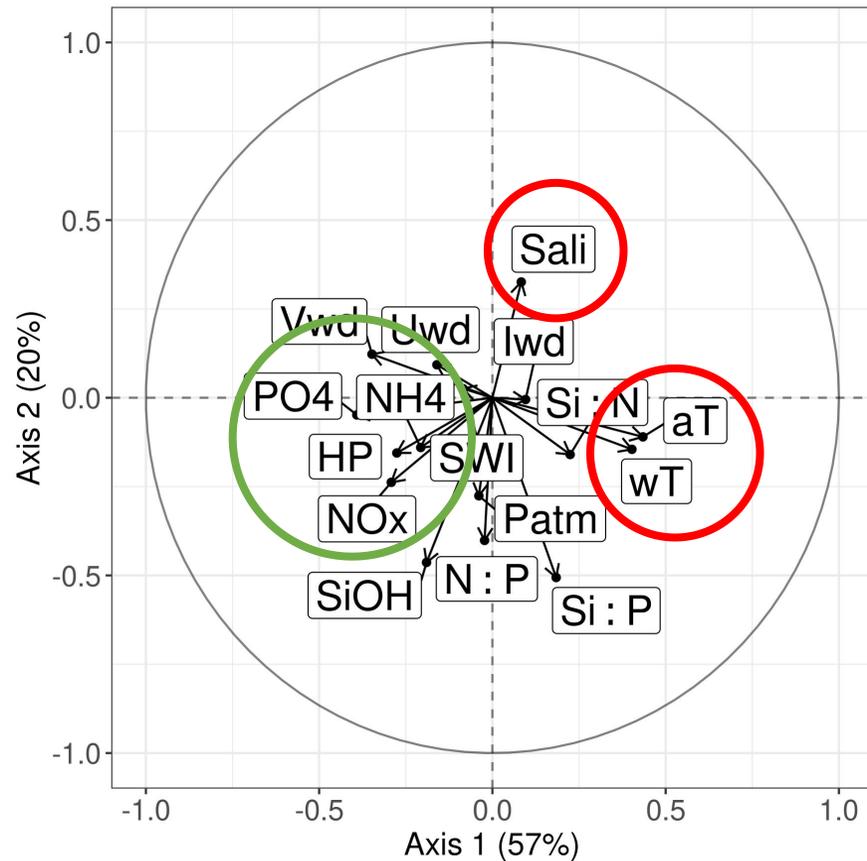
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



- Représenter les conditions environnementales en un sous-environnement

Analyse de niche

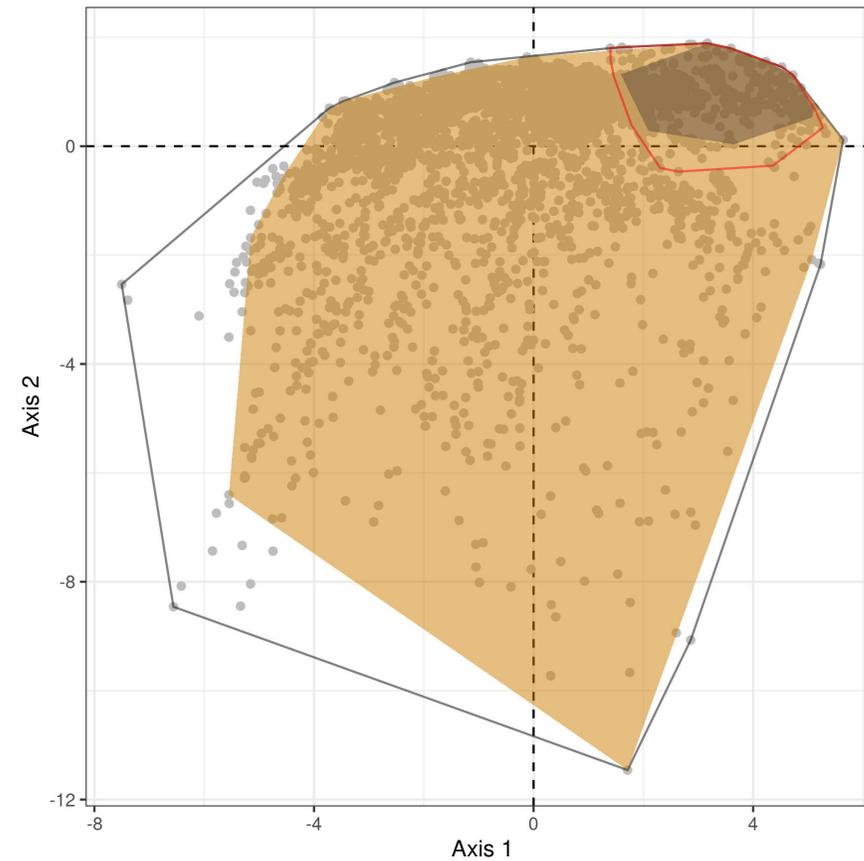
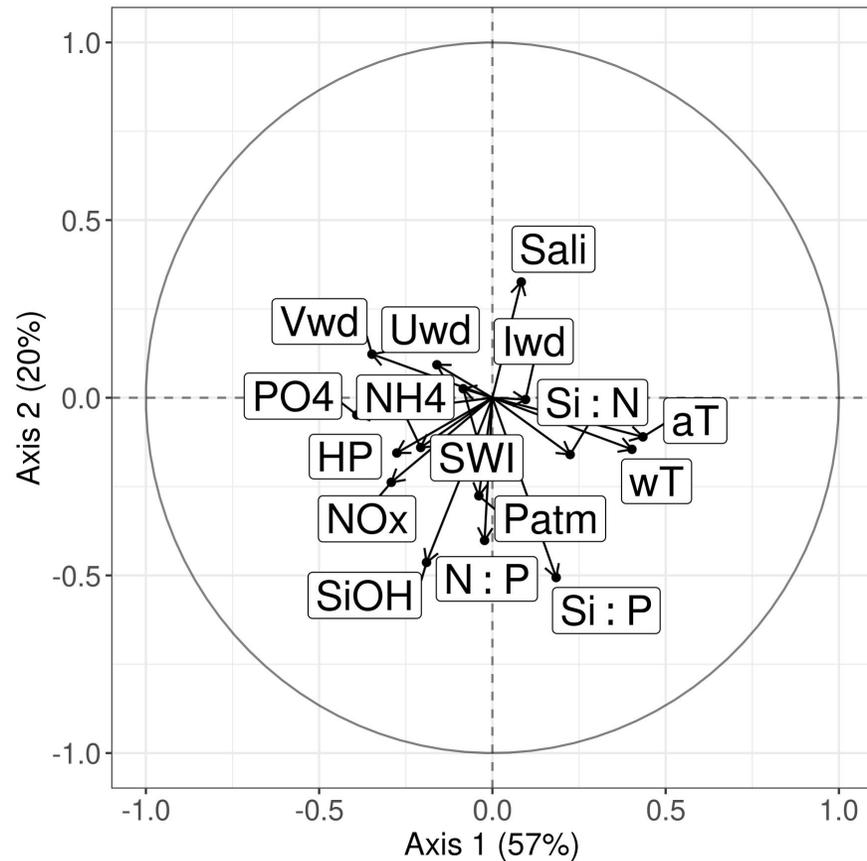
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



- Représenter les conditions environnementales en un sous-environnement
- Niche potentielle : espace potentiellement occupé par une UT dans un sous-environnement

Analyse de niche

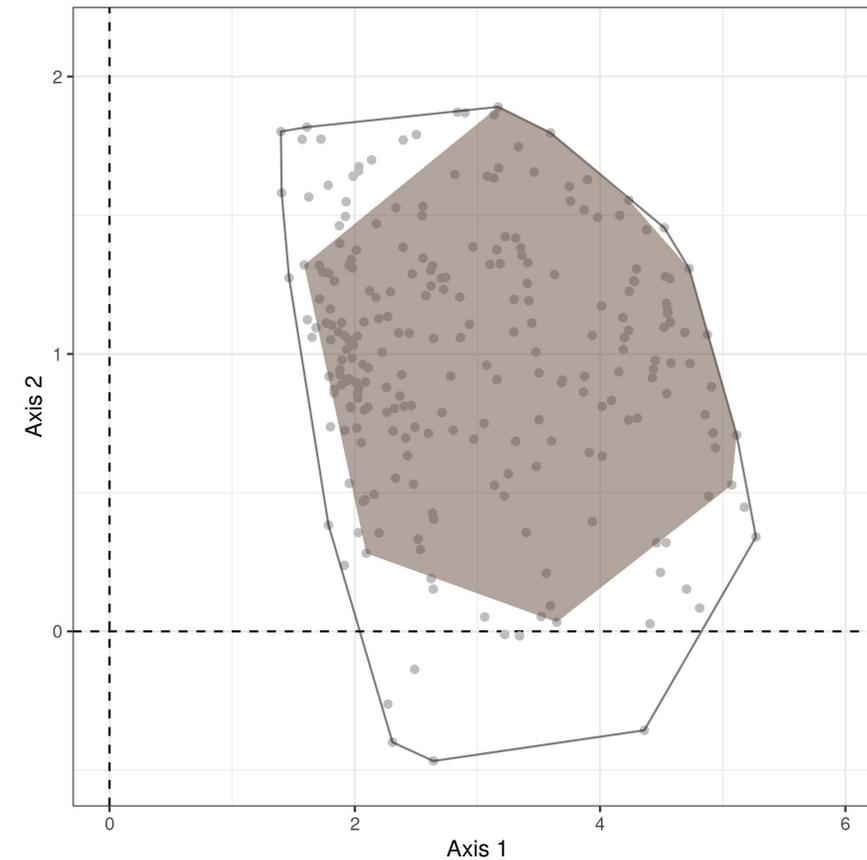
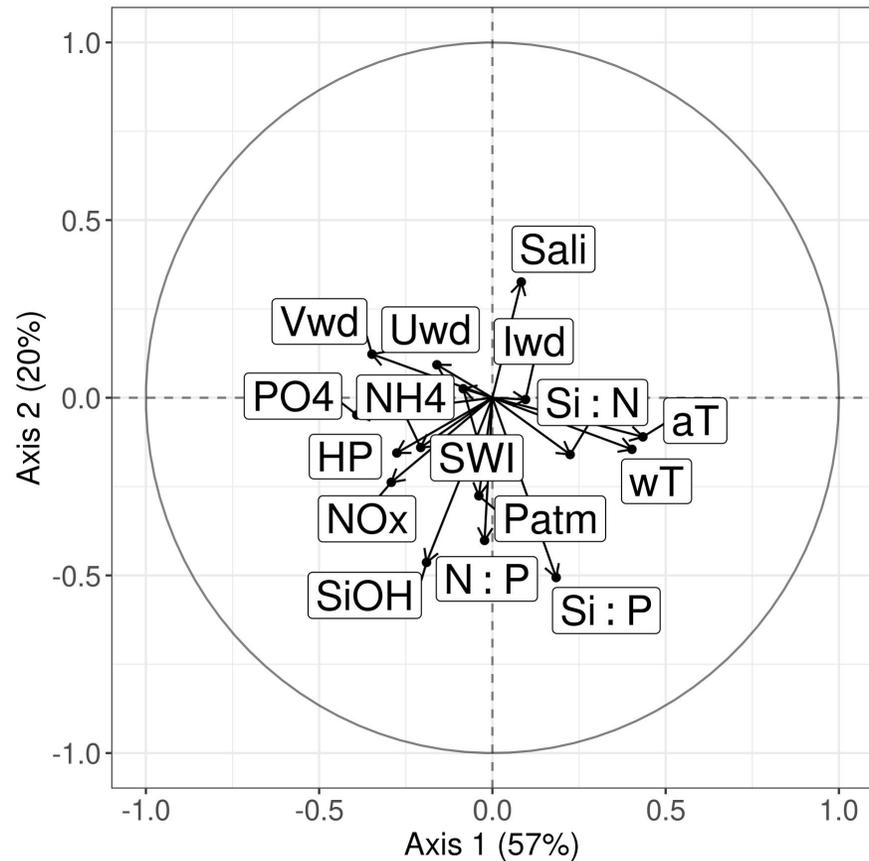
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



- Niche réalisée: espace réellement occupé par une UT dans un sous-environnement

Analyse de sous-niche + densité de kernel

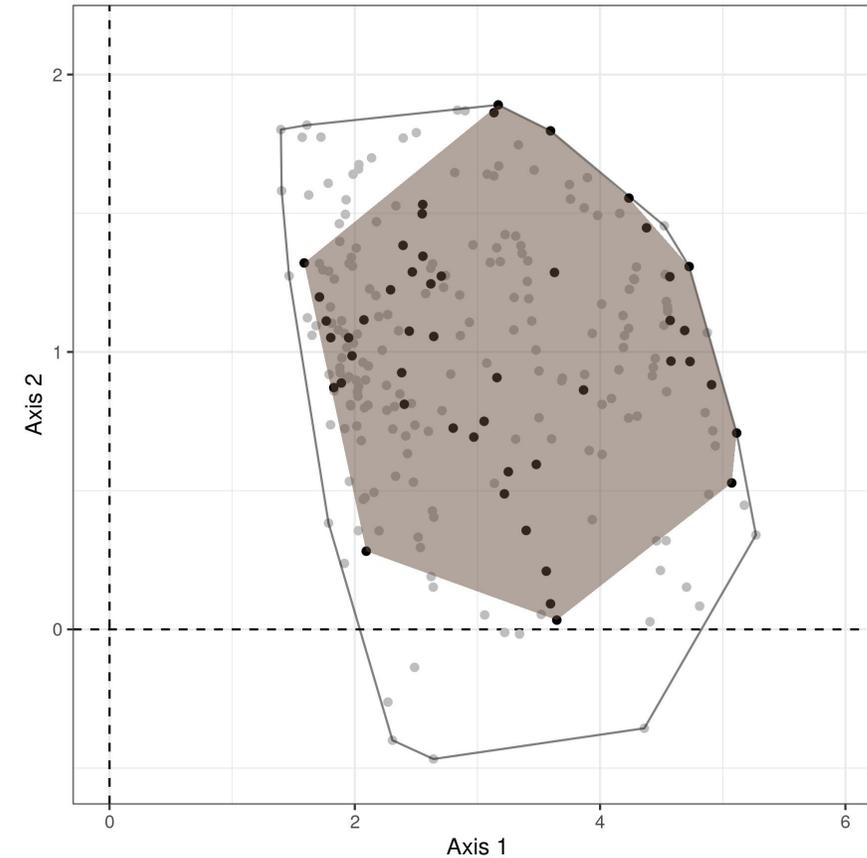
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



- Dans ce sous-environnement
 - UT marginale (omi = 61.4 %)
 - UT peu tolérante (tol = 3.4 %)

Analyse de sous-niche + densité de kernel

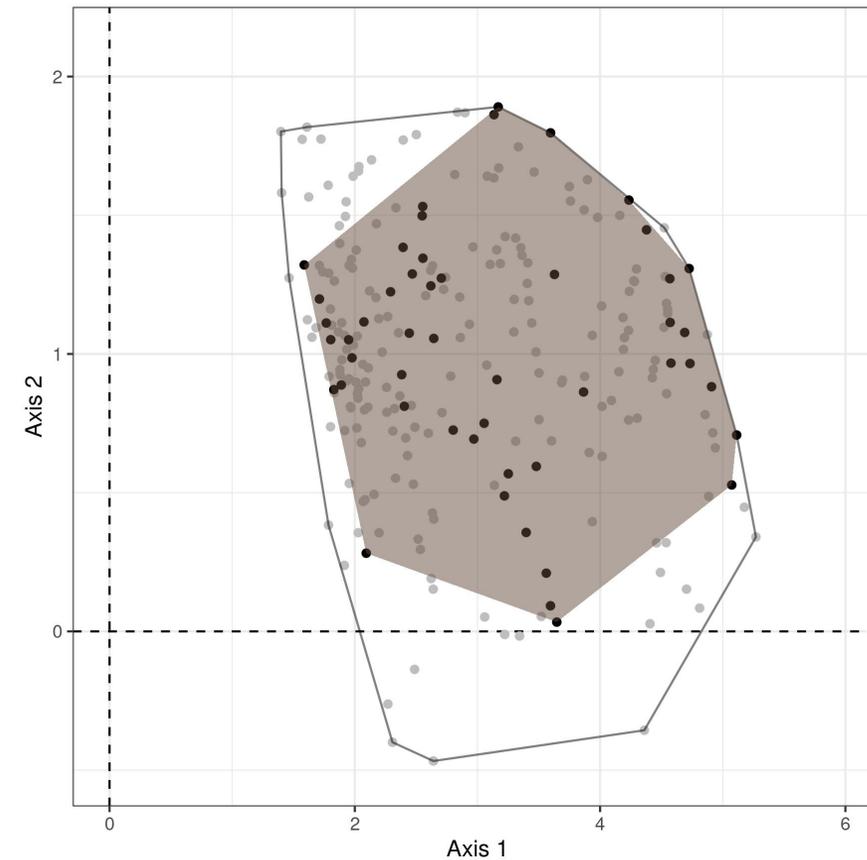
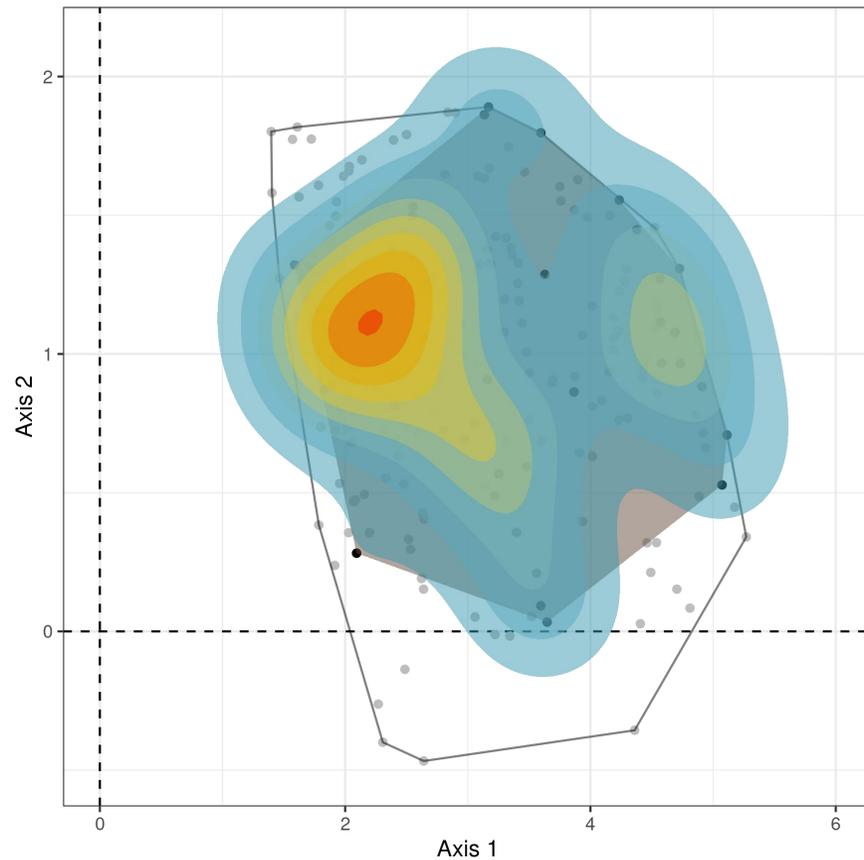
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



- Dans ce sous-environnement
 - UT marginale (omi = 61.4 %)
 - UT peu tolérante (tol = 3.4 %)

Analyse de sous-niche + densité de kernel

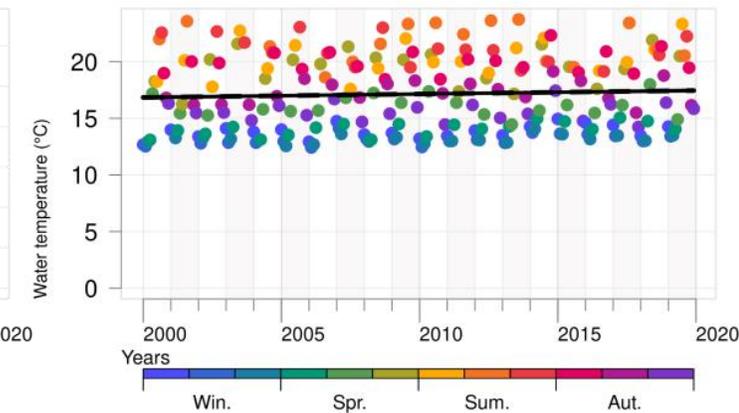
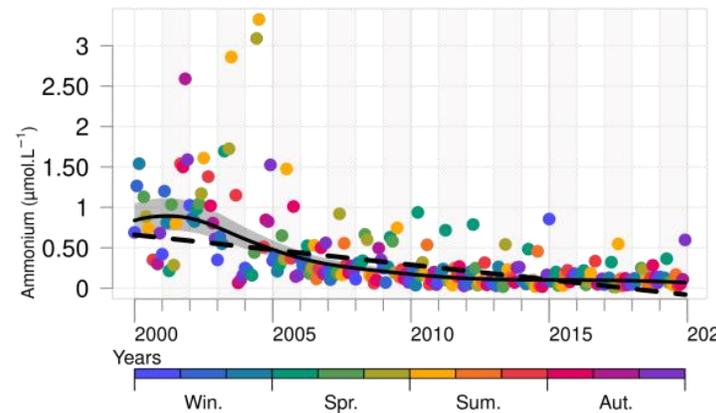
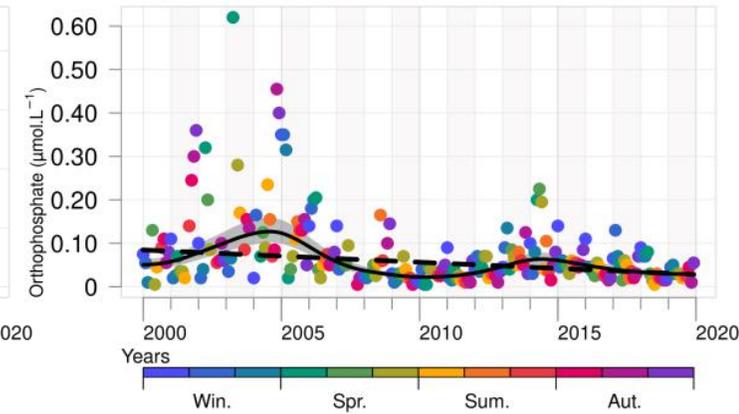
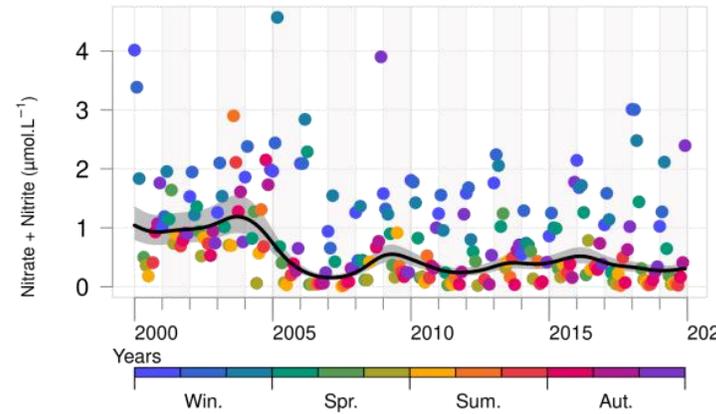
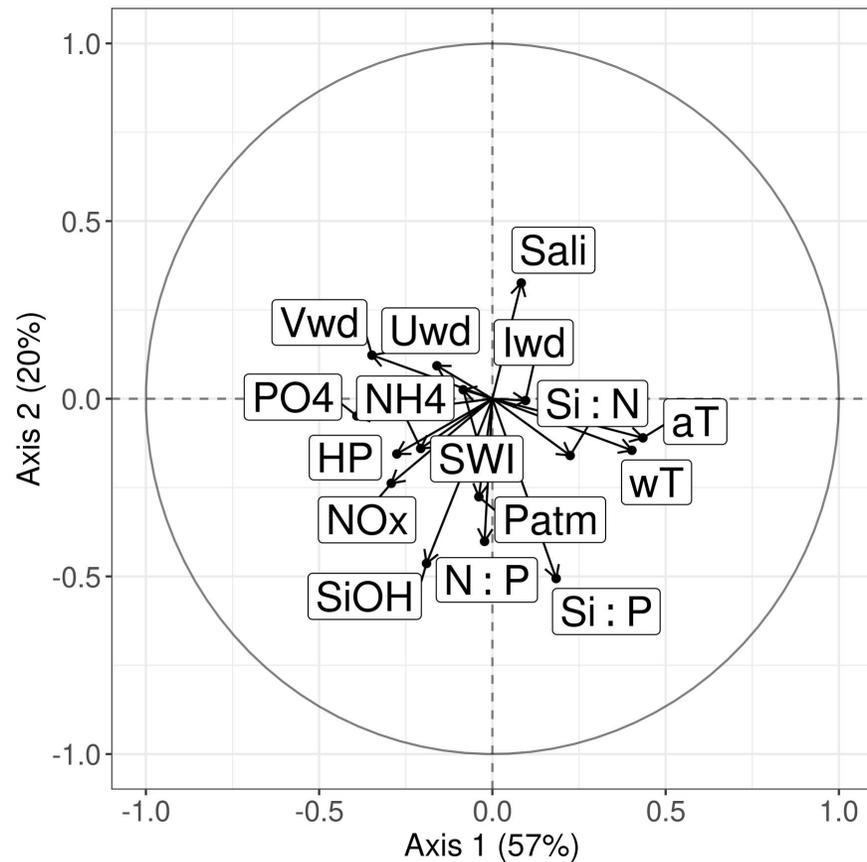
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



- Dans ce sous-environnement
 - UT marginale (omi = 61.4 %)
 - UT peu tolérante (tol = 3.4 %)

Analyse de sous-niche - variabilité temporelle

Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul

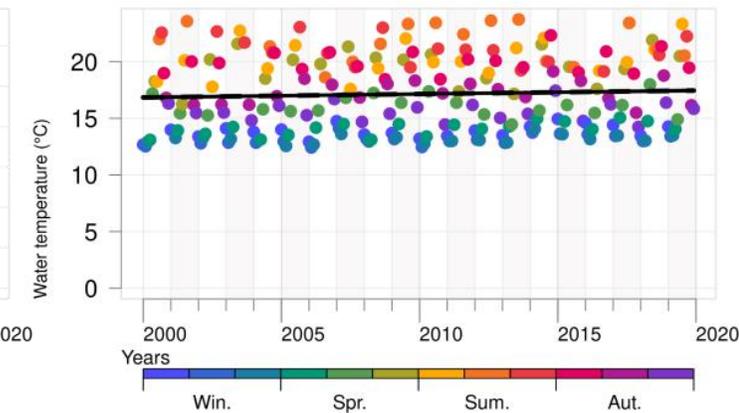
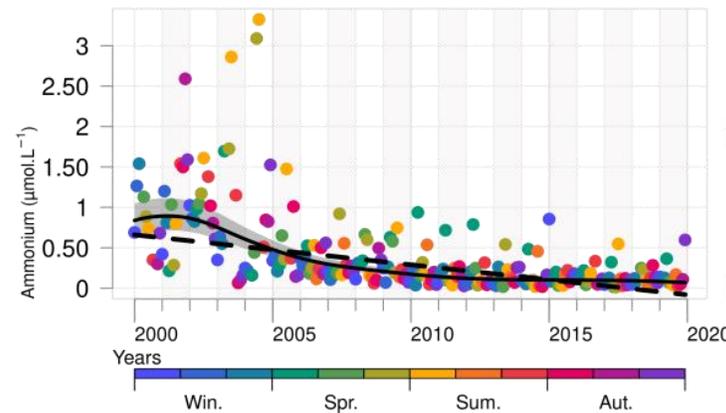
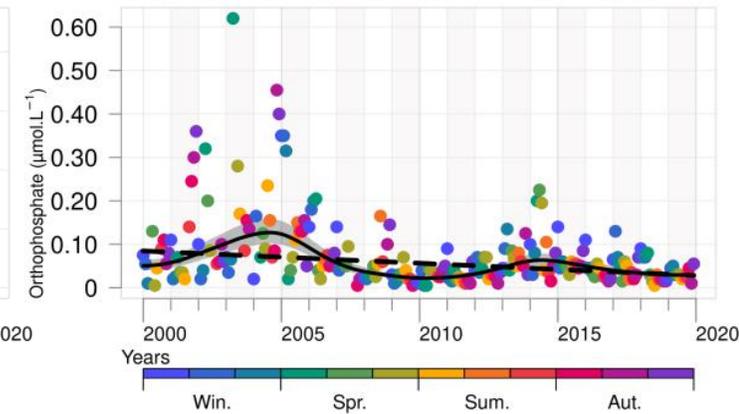
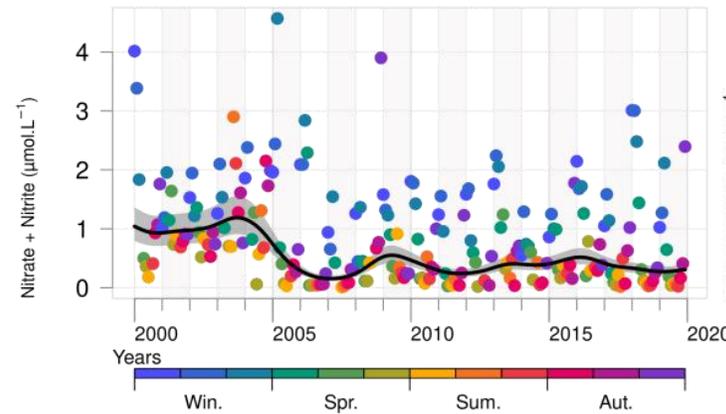
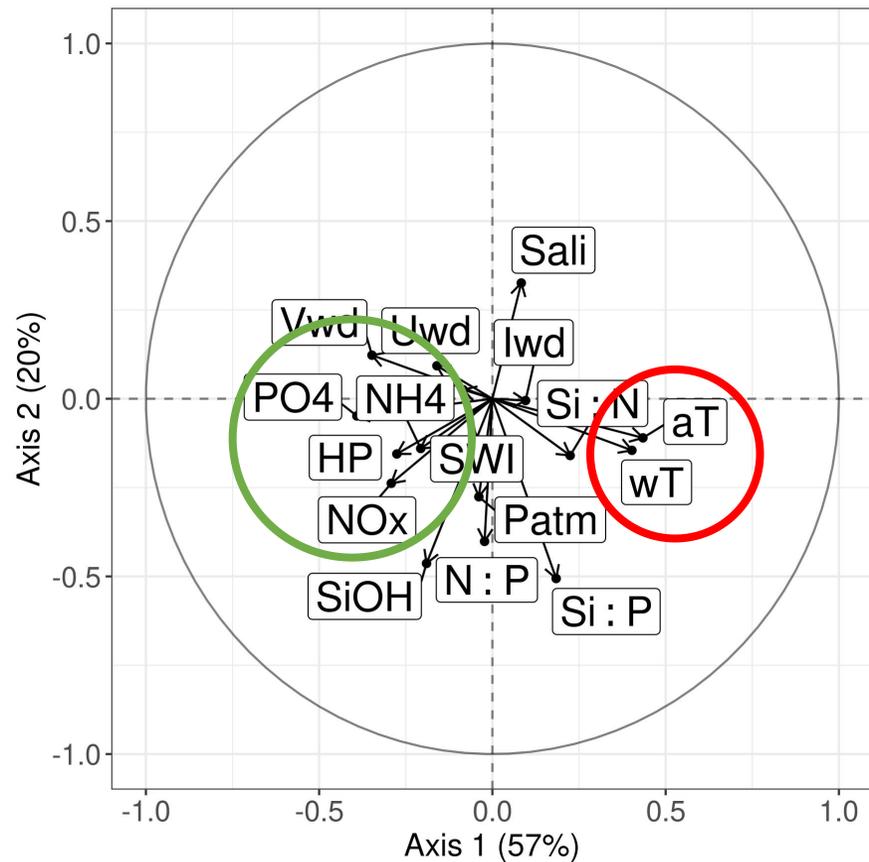


- \searrow DIN, \searrow PO_4^{3-}
 - Eaux moins concentrées en sels nutritifs

- \nearrow Température eau
 - Eaux plus chaudes

Analyse de sous-niche - variabilité temporelle

Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul

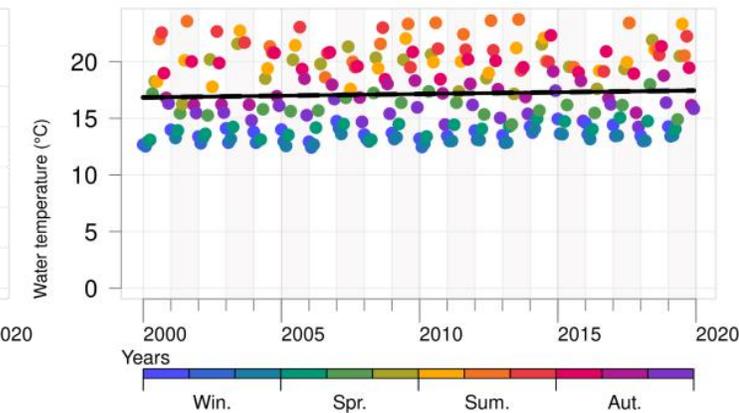
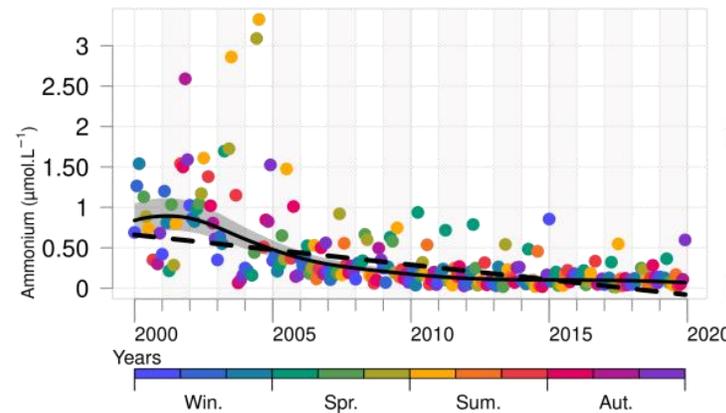
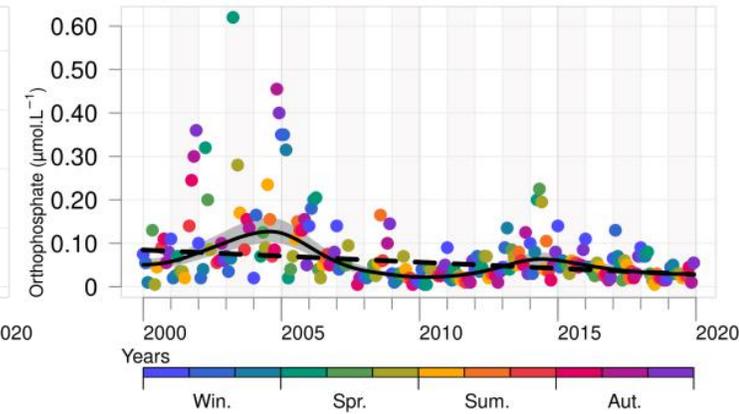
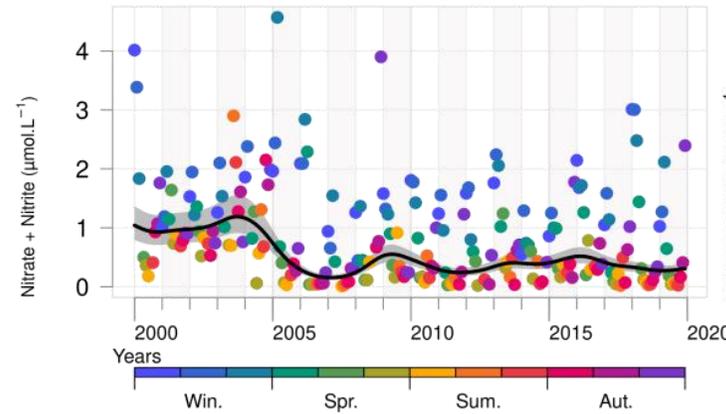
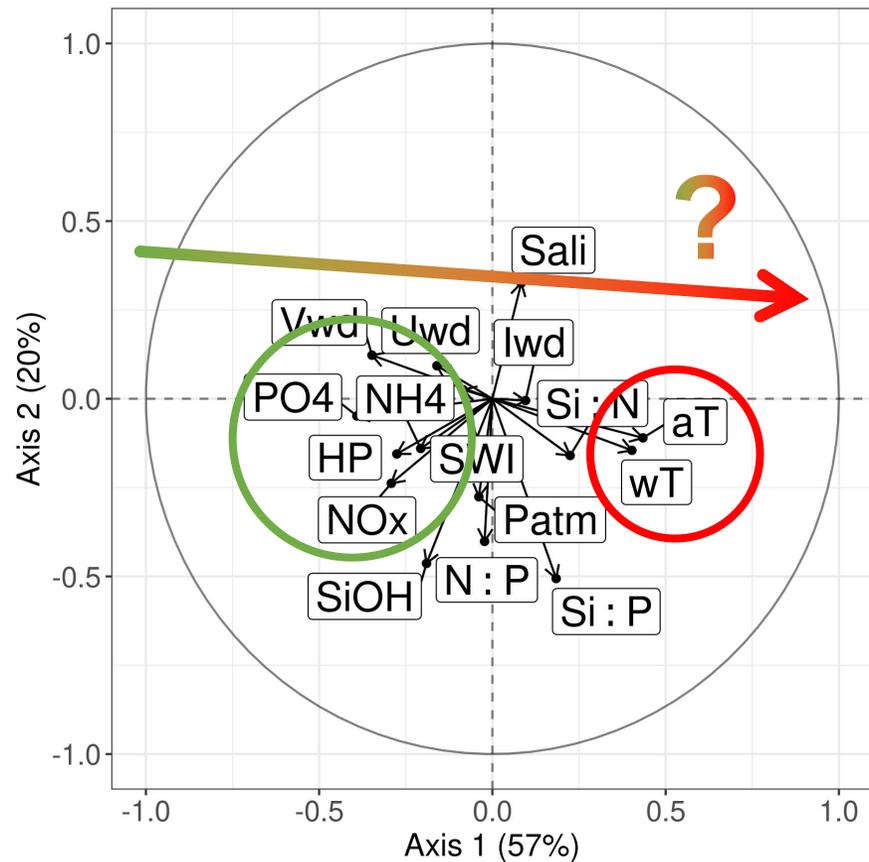


- \searrow DIN, \searrow PO_4^{3-}
 - Eaux moins concentrées en sels nutritifs

- \nearrow Température eau
 - Eaux plus chaudes

Analyse de sous-niche - variabilité temporelle

Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul

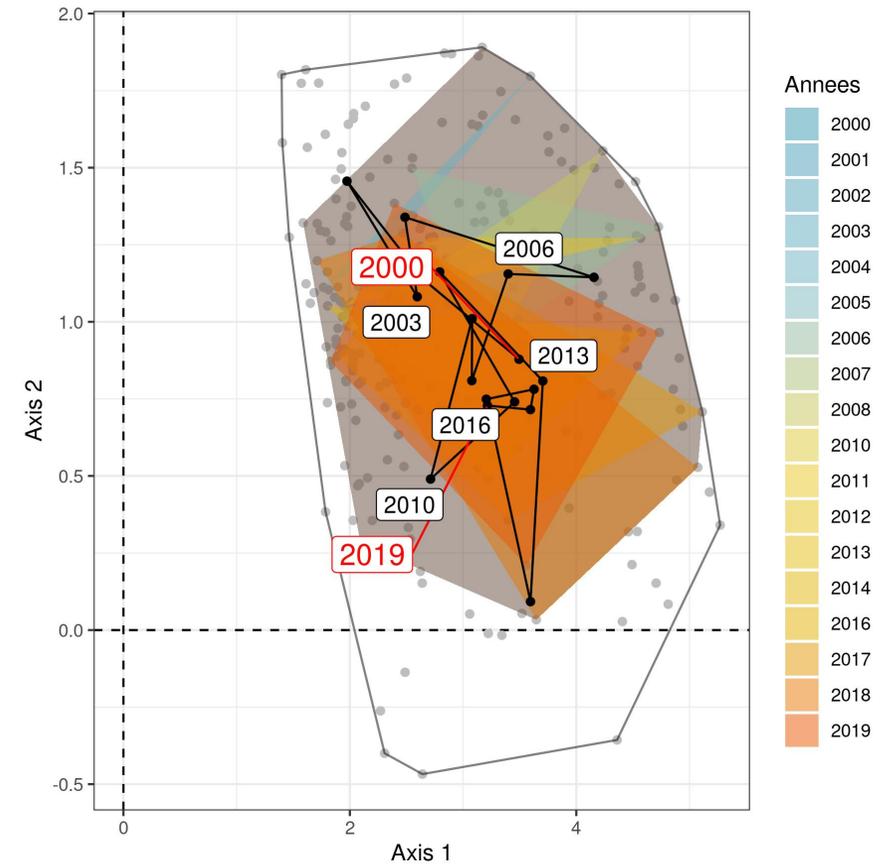
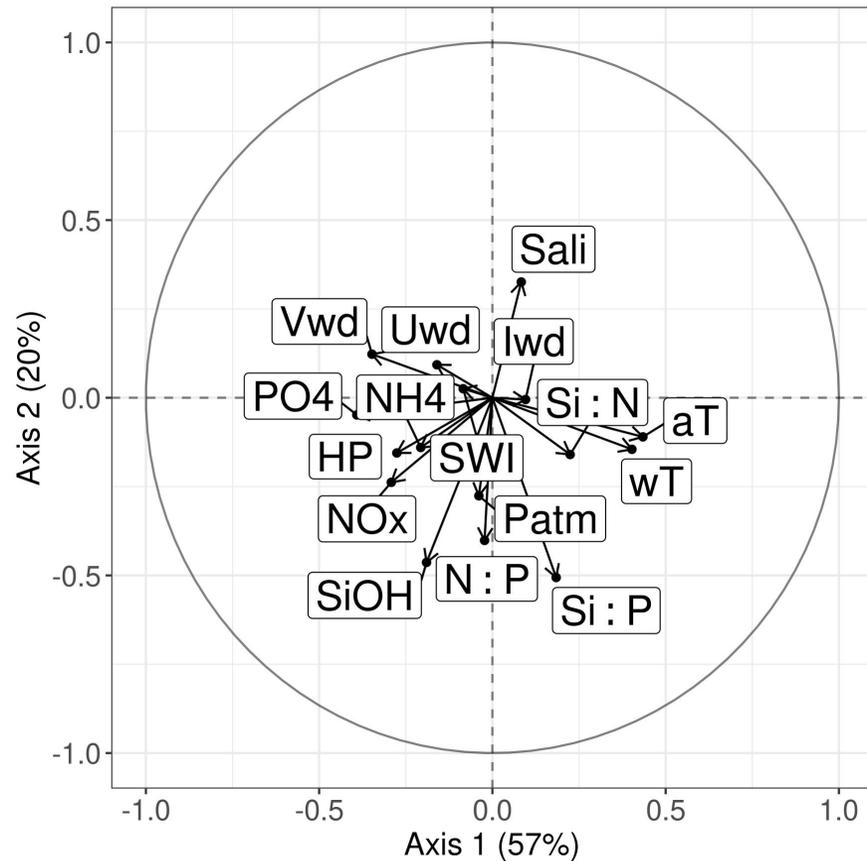


- ↘ DIN, ↘ PO₄³⁻
 - Eaux moins concentrées en sels nutritifs

- ↗ Température eau
 - Eaux plus chaudes

Analyse de sous-niche - variabilité temporelle

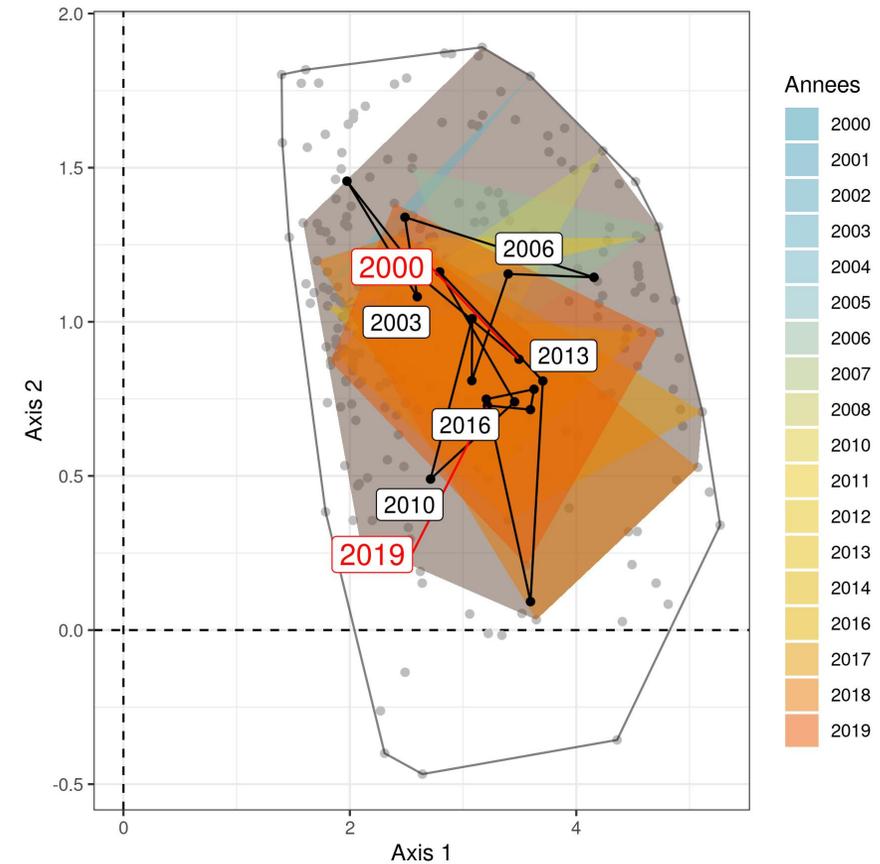
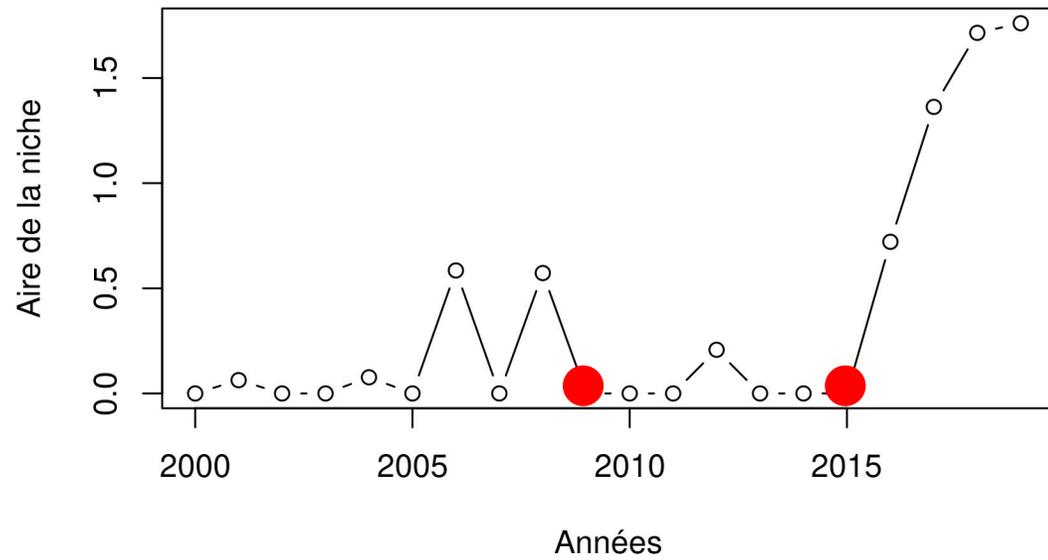
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



- D'une année à l'autre PM occupe des espaces différents
- Compétition ? Manque de ressource ?

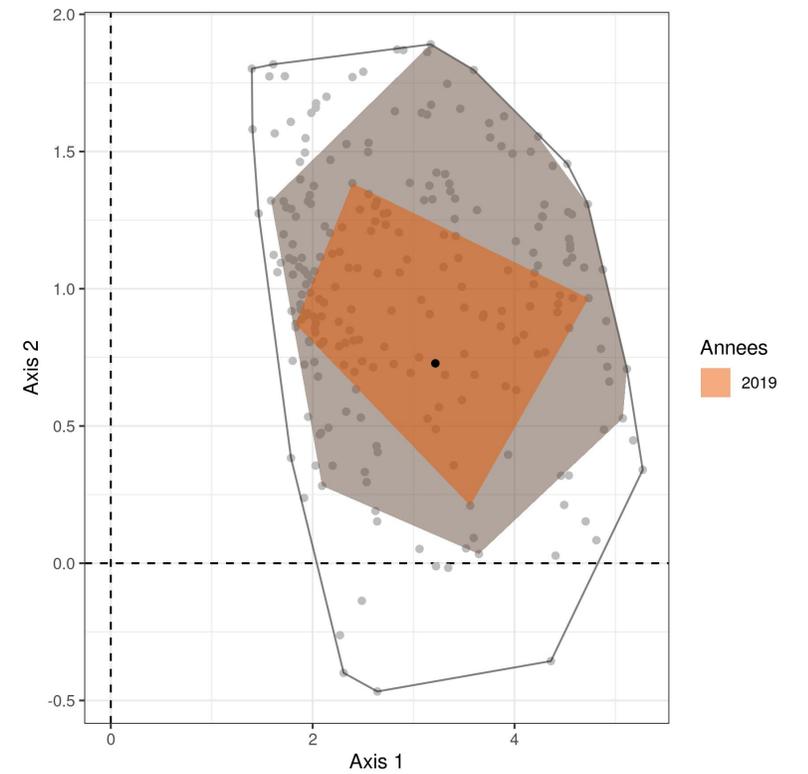
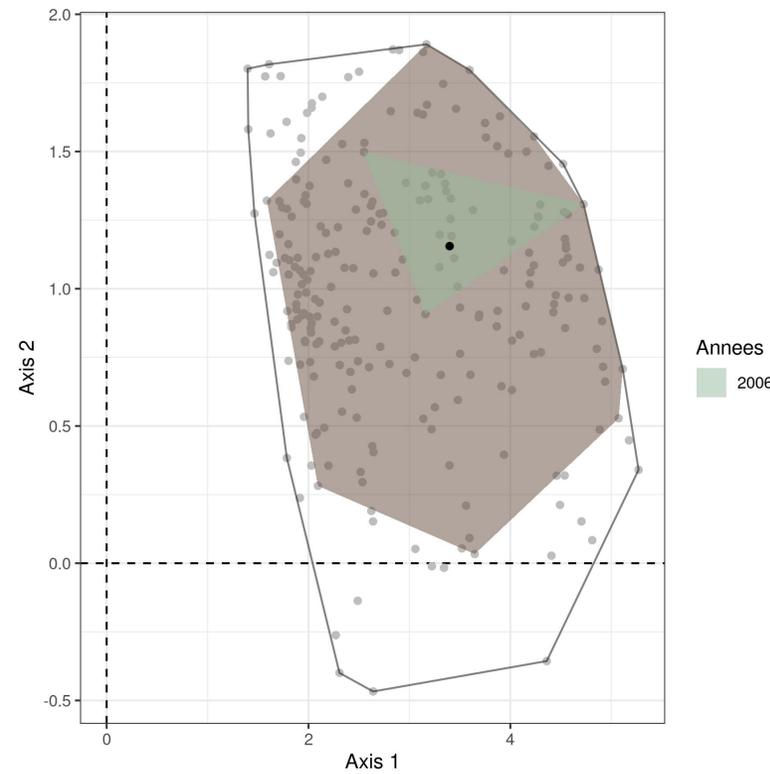
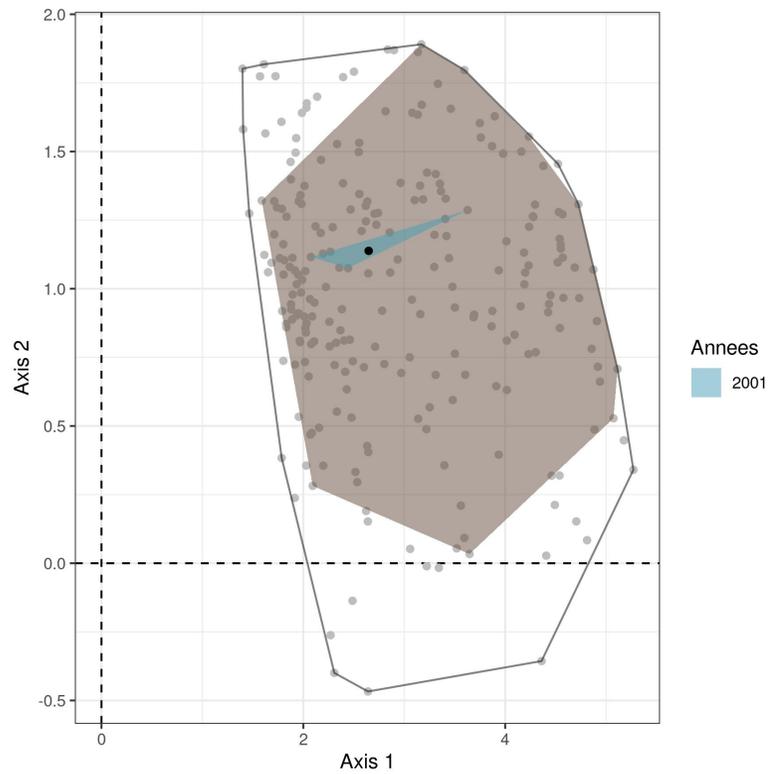
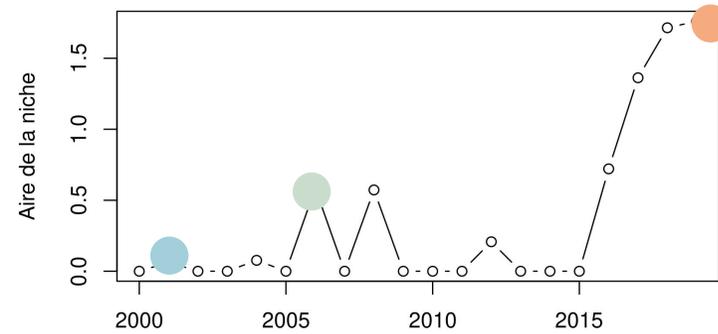
Analyse de sous-niche - variabilité temporelle

Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



Analyse de sous-niche - variabilité temporelle

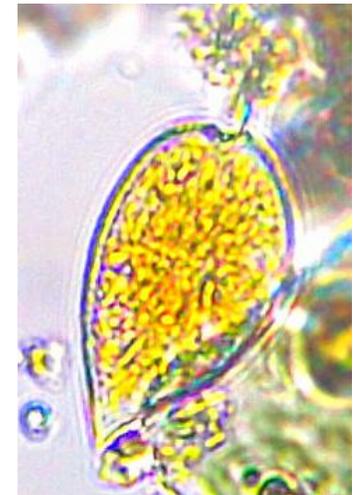
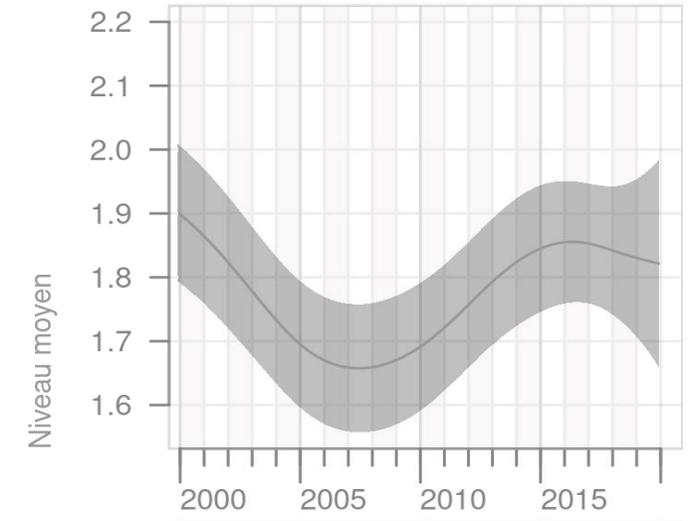
Prorocentrum + Mesoporos - Marseille Frioul



Conclusion - Analyse de sous-niche

Prorocentrum + Mesoporos

- Prorocentrum + Mesoporos
 - UT présente dans un grand panel de conditions environnementales
 - → Présente dans tous les écosystèmes
 - A Marseille → Principalement dans deux sous-panels
- Niche fondamentale change échelle inter-annuelle
 - → Pas de tendance notable
- Potentielle augmentation de présence dans différentes conditions à l'échelle annuelle



Laurence Costes & Yolanda del Amo, EPOC

Merci tout le monde

