

AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
MASTER SCIENCES DE LA MER
Parcours Océanographie Biologique et Écologie Marine

Impacts du changement climatique sur la diversité fonctionnelle des communautés de poissons dans les eaux marines européennes

Année universitaire 2022-2023

Etienne Fort

*Étude réalisée au sein du Centre de synthèse et d'analyse sur la biodiversité (CESAB)
Sous la direction de Aurore Receveur (Post-doc CESAB) et Arnaud Auber (Chercheur IFREMER)*

Contexte

Diversité taxonomique

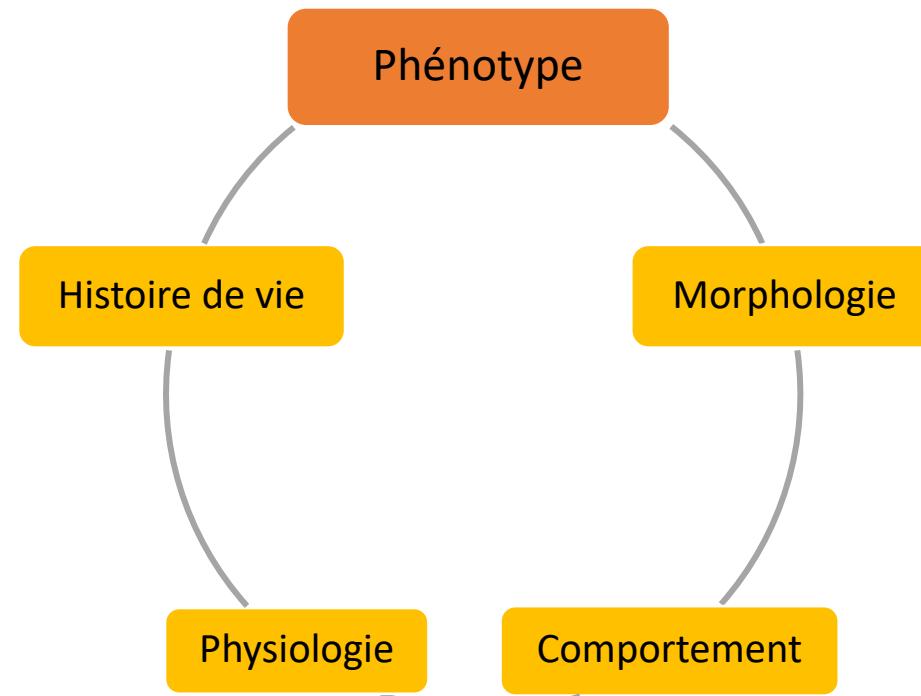


Diversité fonctionnelle

Contexte

Diversité taxonomique  Diversité fonctionnelle

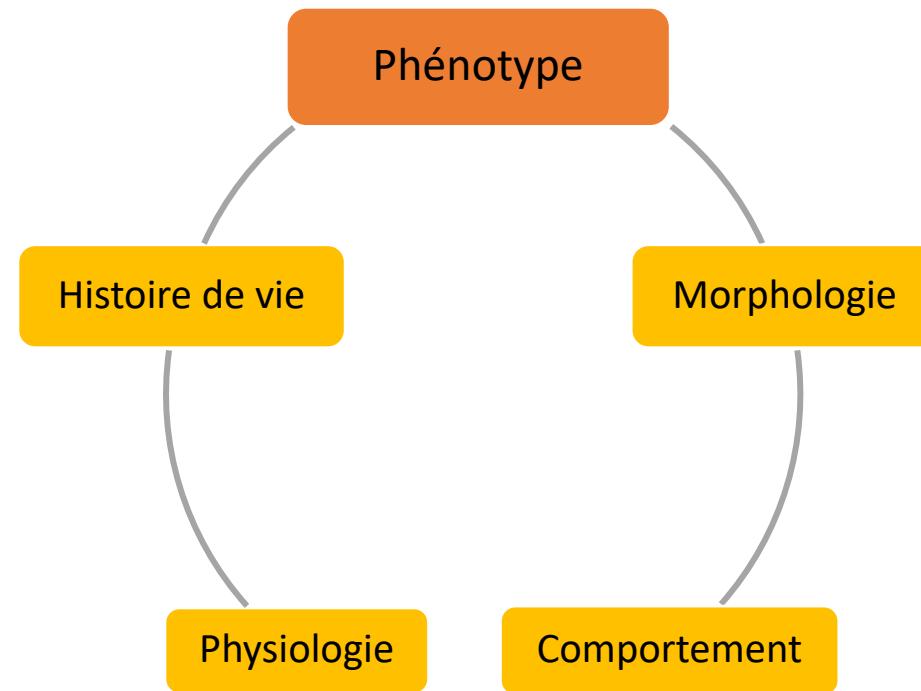
Trait fonctionnel ?



Contexte

Diversité taxonomique  Diversité fonctionnelle

Trait fonctionnel ?



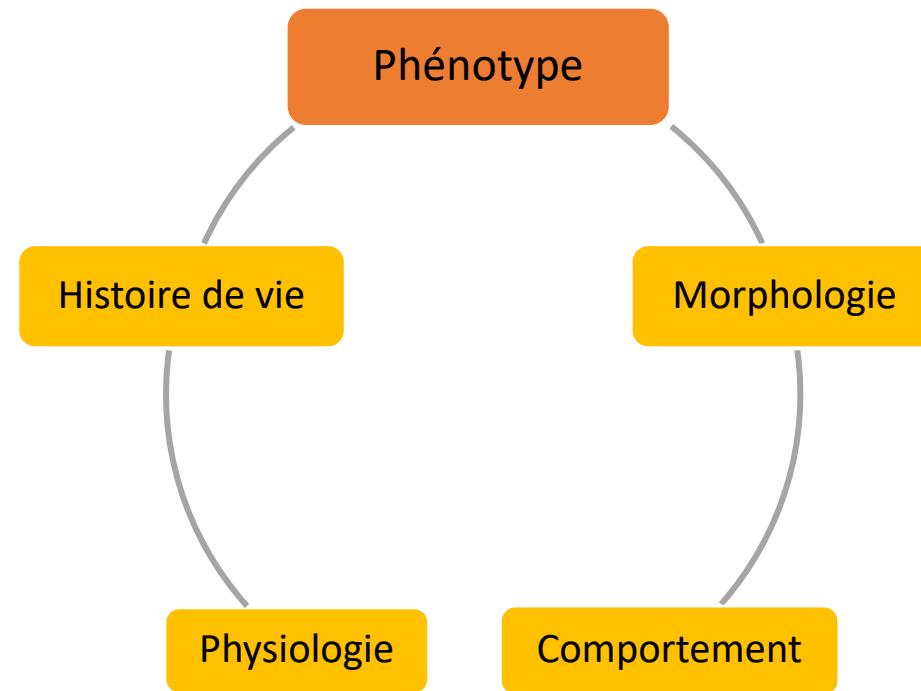
Comprendre les réponses fonctionnelles futures

Préserver les services écosystémiques Rôles écologiques des communautés

Contexte

Diversité taxonomique  Diversité fonctionnelle

Trait fonctionnel ?



Comprendre les réponses fonctionnelles futures

Préserver les services écosystémiques Rôles écologiques des communautés

Approche traits + modèle de niche

Matériels et Méthodes

Aire d'étude

355 espèces

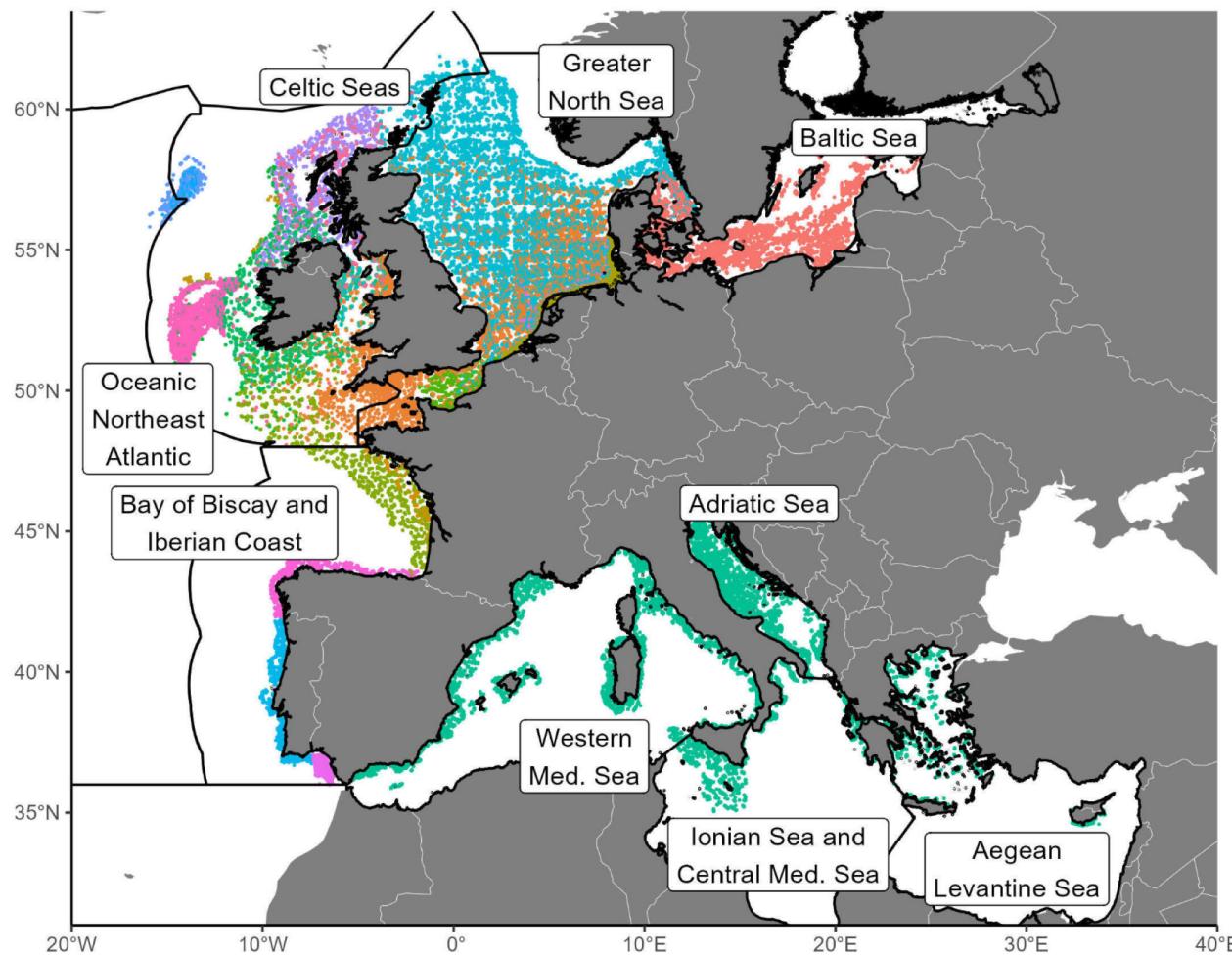
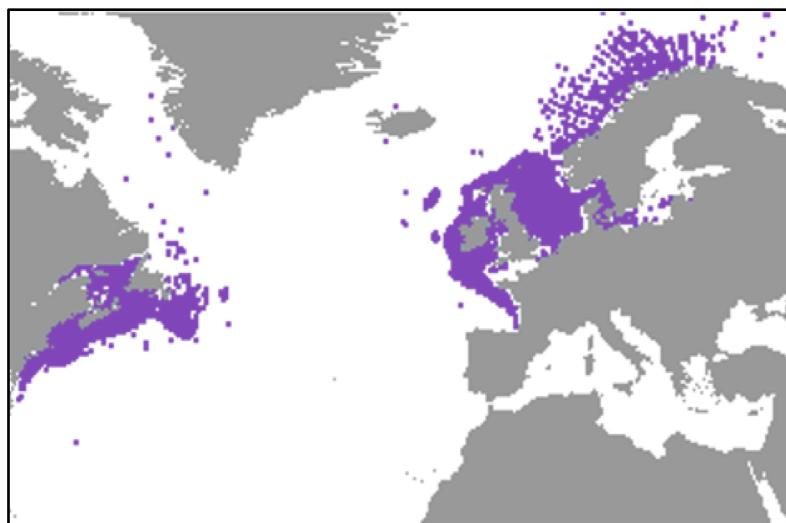


Figure 1 : Carte des campagnes de chalutage et des écorégions d'intérêt

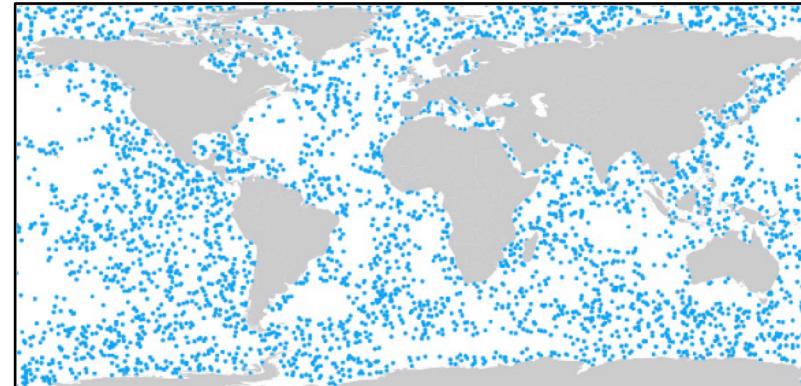
Modèles de niche écologique (SDM)

Occurrence des espèces

Pour chaque espèce



Pseudo-absences



Création jeu de données
3 méthodes aléatoires



12 jeux de données pour
les 355 espèces

Modèles de niche écologique (SDM)

Variables environnementales

Pour chaque espèce et jeu de données

7 variables environnementales (climatologie de 1990-2020)

Modèles de niche écologique (SDM)

Variables environnementales

Pour chaque espèce et jeu de données

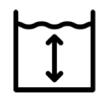
7 variables environnementales (climatologie de 1990-2020)



Température de surface et de fond



Courants de surface et de fond



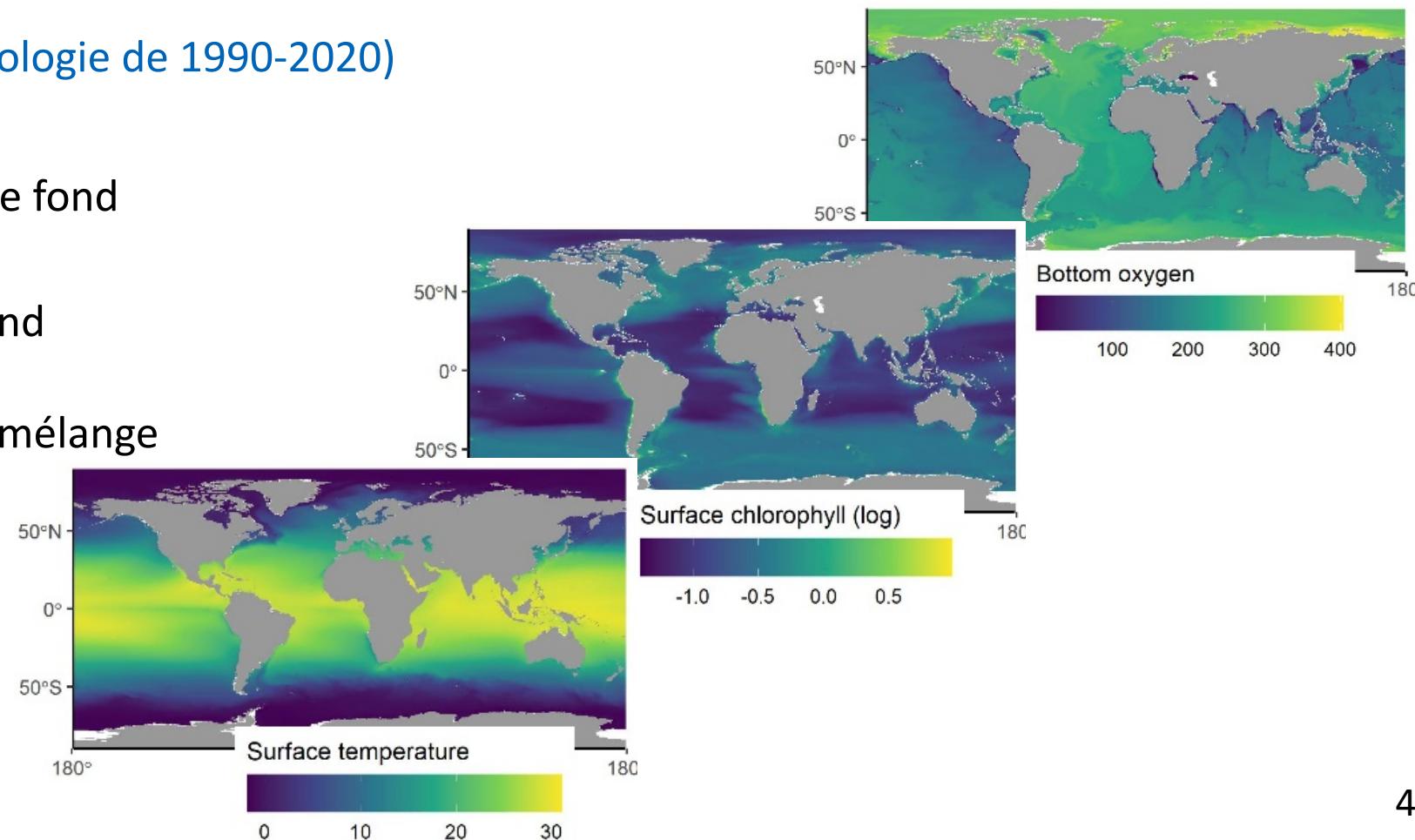
Profondeur de la couche de mélange



Chlorophylle de surface



Oxygène dissous de fond



Modèles de niche écologique (SDM)

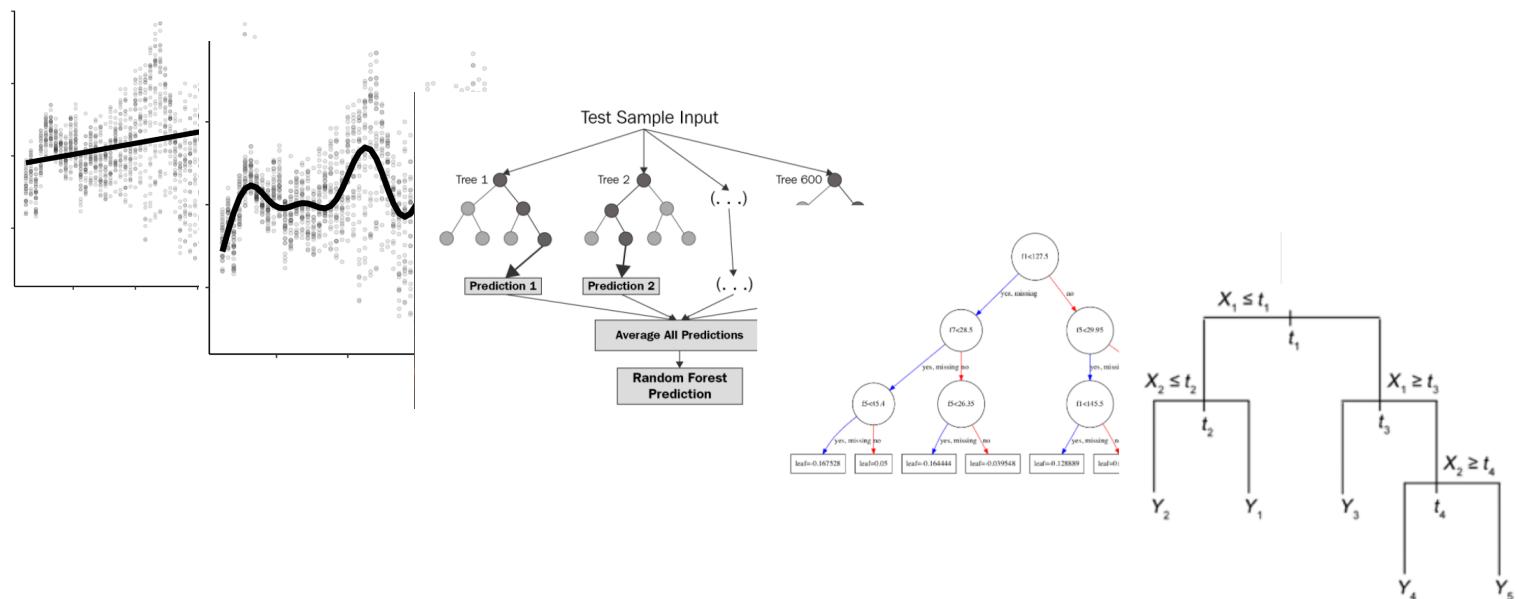
Modèles statistiques

Pour chaque espèce et jeu de données

5 modèles statistiques :

Régression → GLM, GAM

Machine learning → RF, XGBoost, BRT



Modèles de niche écologique (SDM)

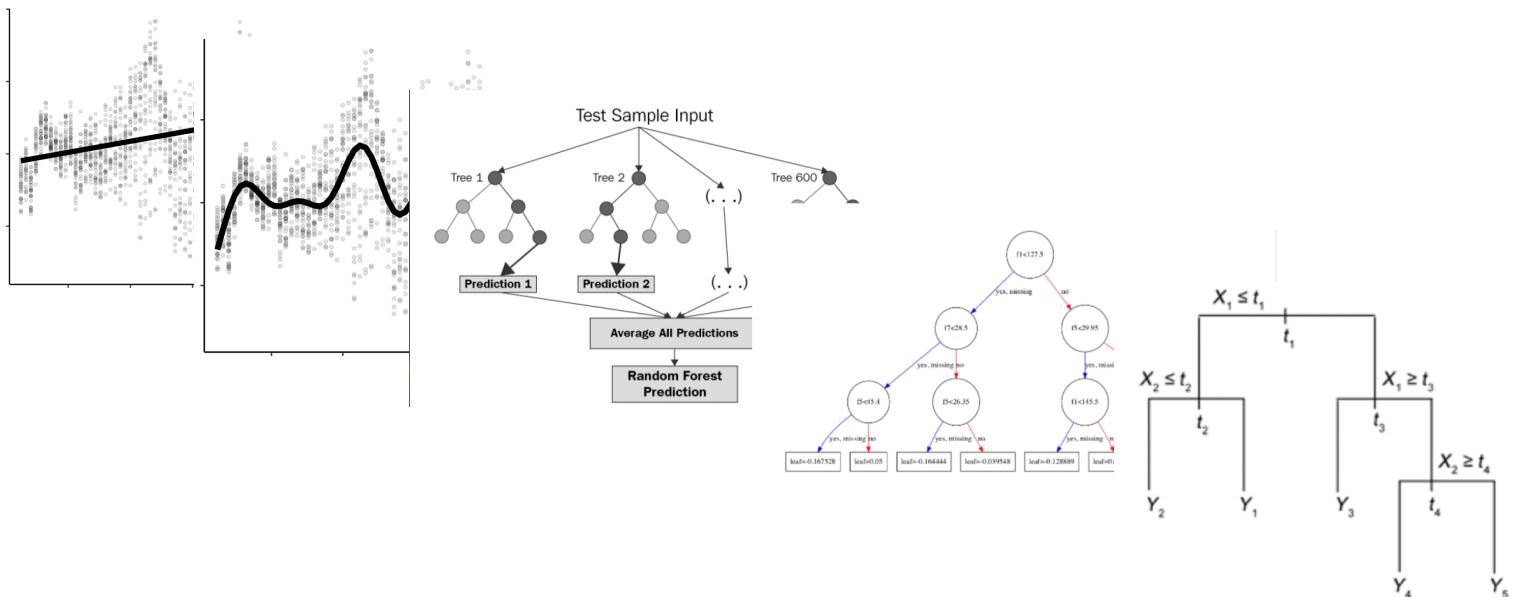
Modèles statistiques

Pour chaque espèce et jeu de données

5 modèles statistiques :

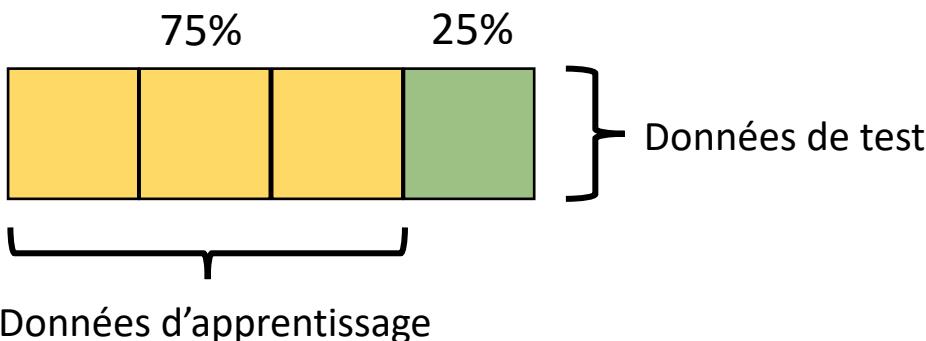
Régression → GLM, GAM

Machine learning → RF, XGBoost, BRT



Évaluation des modèles :

Quadruple validation croisée aléatoire (4-fold cross validation)



Modèles de niche écologique (SDM)

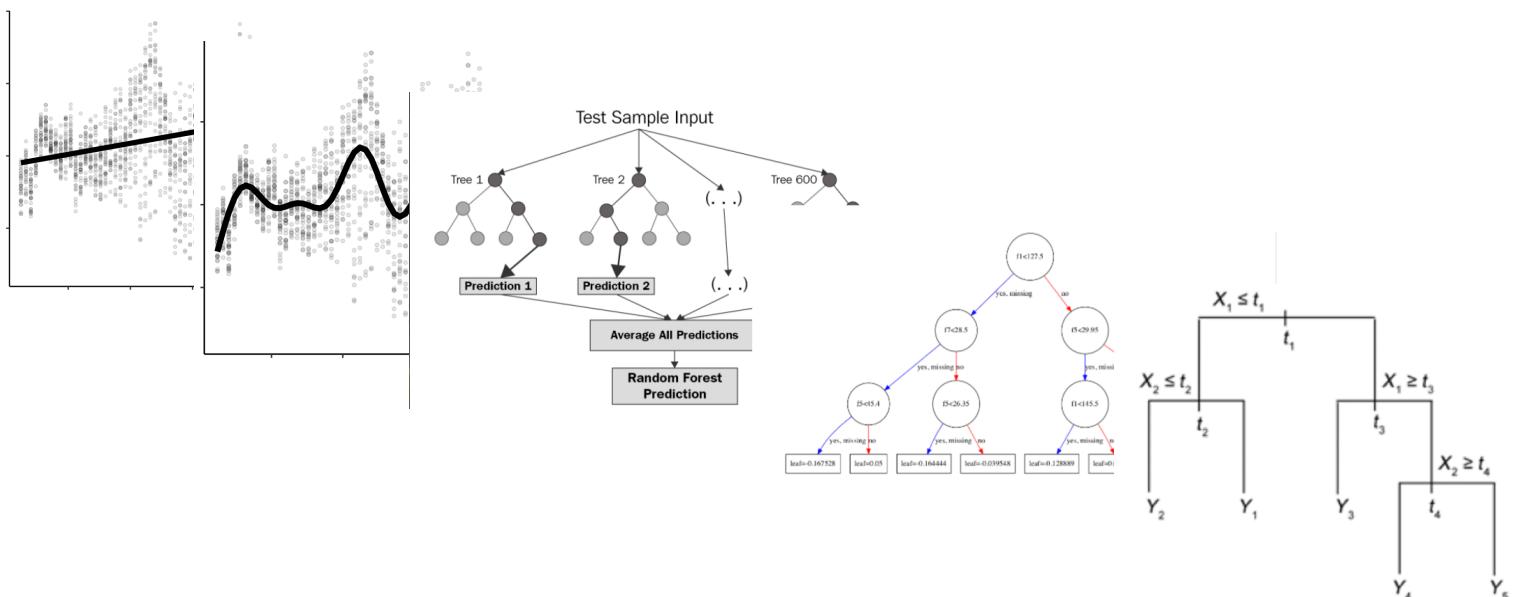
Modèles statistiques

Pour chaque espèce et jeu de données

5 modèles statistiques :

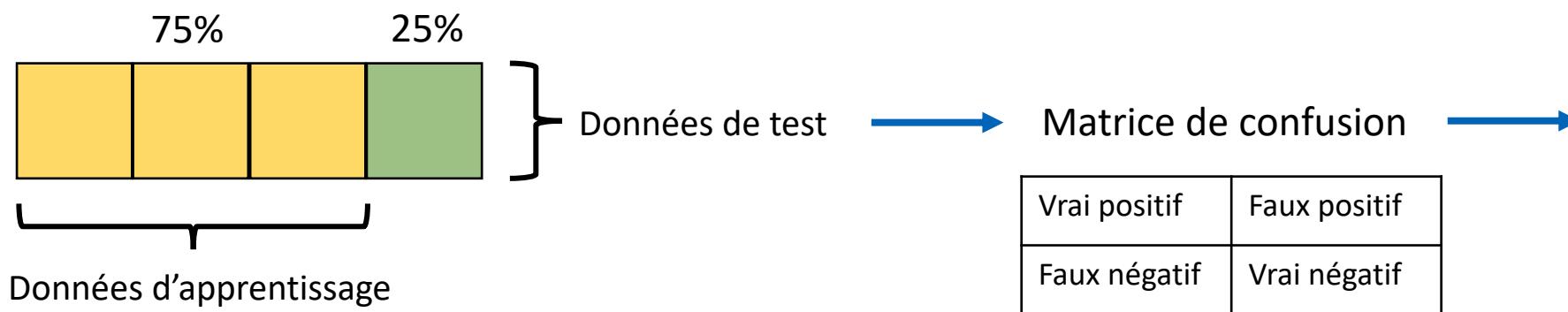
Régression → GLM, GAM

Machine learning → RF, XGBoost, BRT



Évaluation des modèles :

Quadruple validation croisée aléatoire (4-fold cross validation)



True Skill Statistic (TSS)
par modèle

Allouche *et al.*, 2006

Modèles de niche écologique (SDM)

Projections actuelles

Pour chaque espèce

12 jeux de données
d'occurrences

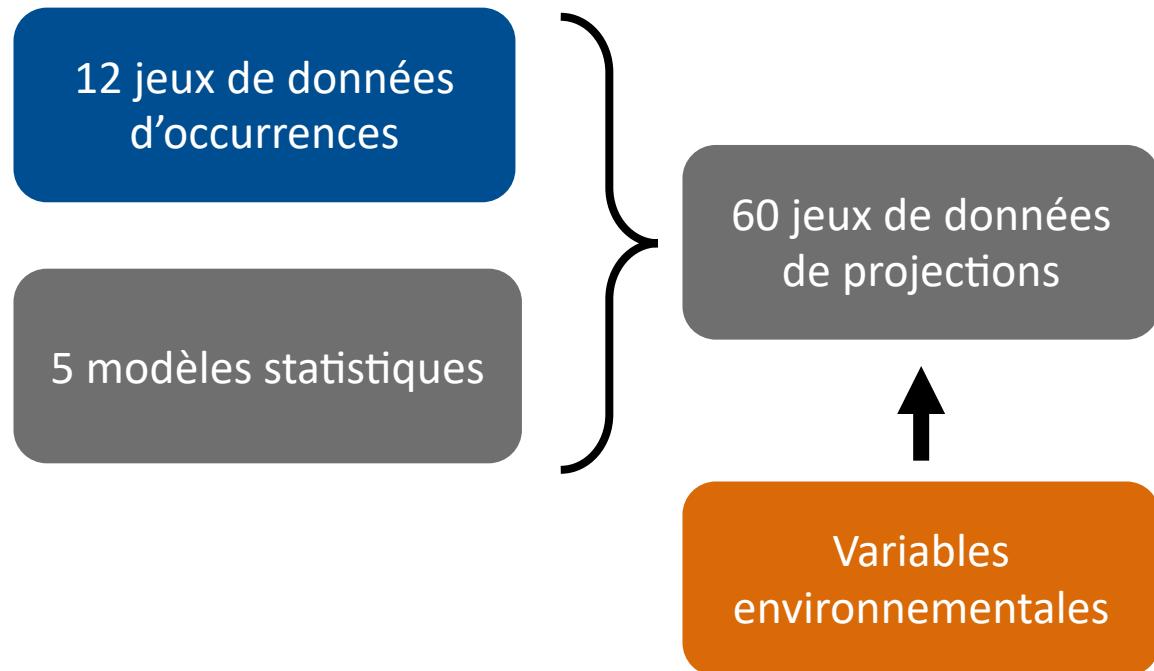
5 modèles statistiques



Modèles de niche écologique (SDM)

Projections actuelles

Pour chaque espèce



Modèles de niche écologique (SDM)

Prédictions actuelles

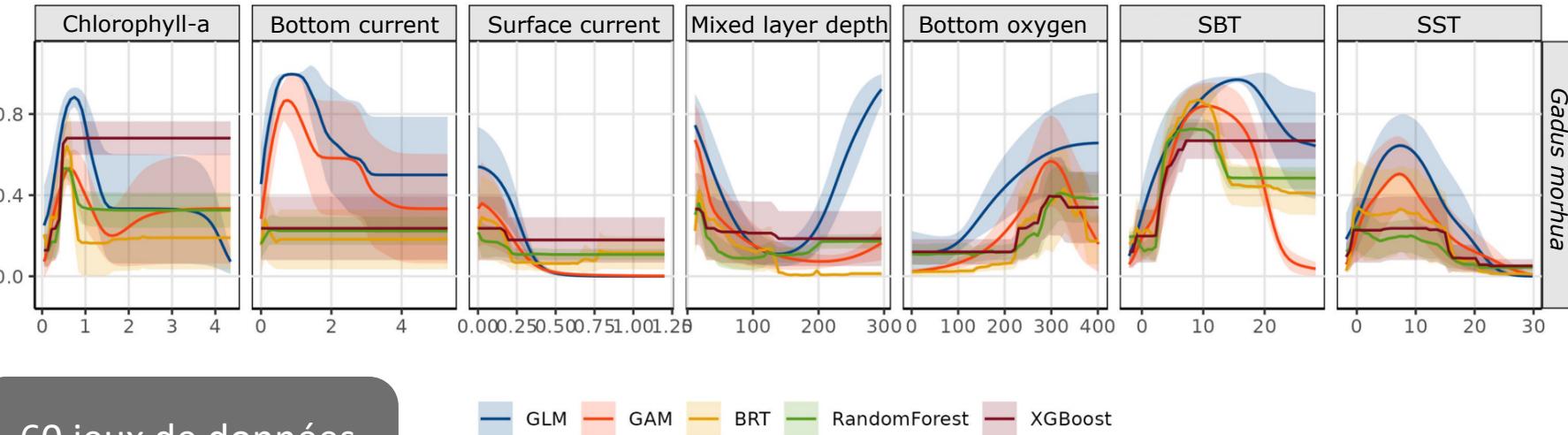
Pour chaque espèce

12 jeux de données
d'occurrences

5 modèles statistiques

60 jeux de données
de projections

Variables
environnementales



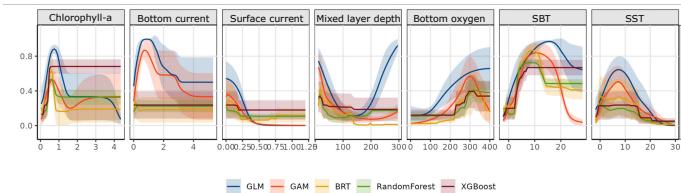
Modèles de niche écologique (SDM)

Projections actuelles

Pour chaque espèce

12 jeux de données
d'occurrences

5 modèles statistiques



60 jeux de données
de projections

Cross validation
TSS

Apprentissage
ensembliste
(ensemble modeling)

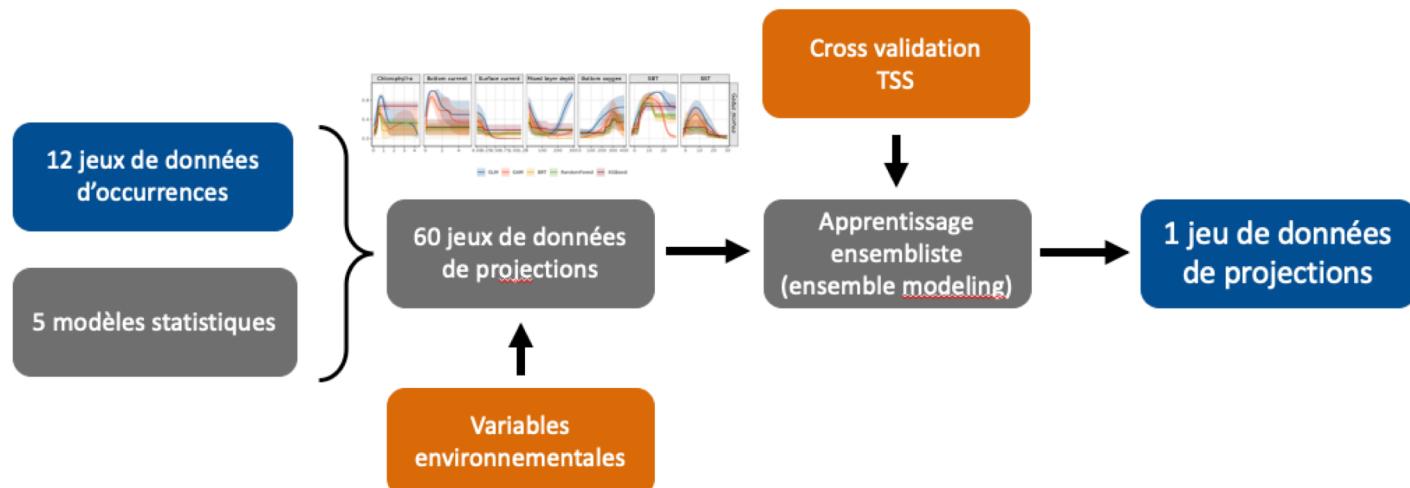
1 jeu de données
de projections

Variables
environnementales

Modèles de niche écologique (SDM)

Projections actuelles

Pour chaque espèce



9426 cellules
0.25° × 0.25°

Gadus morhua (Morue)

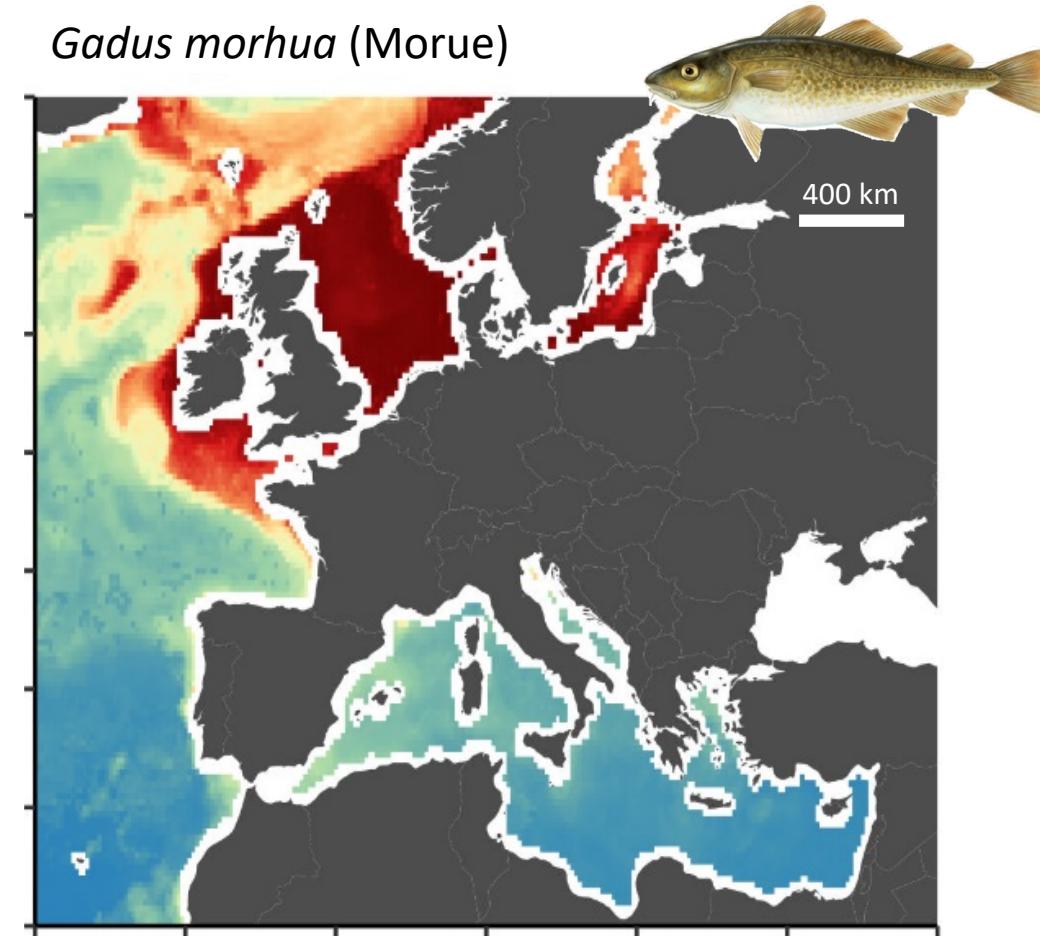


Figure 2 : Carte d'habitat potentiel présent de la morue
Gadus morhua (Linnaeus 1978)

Modèles de niche écologique (SDM)

Projections futures

GCM* pour 8 périodes
2000-2030 / 2070-2100

GCM de 1990-2020

Δ GCM



Environnement
présent

Conditions futures
pour 8 périodes

*GCM : Modèle de circulation globale

Modèles de niche écologique (SDM)

Projections futures

GCM* pour 8 périodes
2000-2030 / 2070-2100

GCM de 1990-2020

Δ GCM



Environnement
présent

Conditions futures
pour 8 périodes

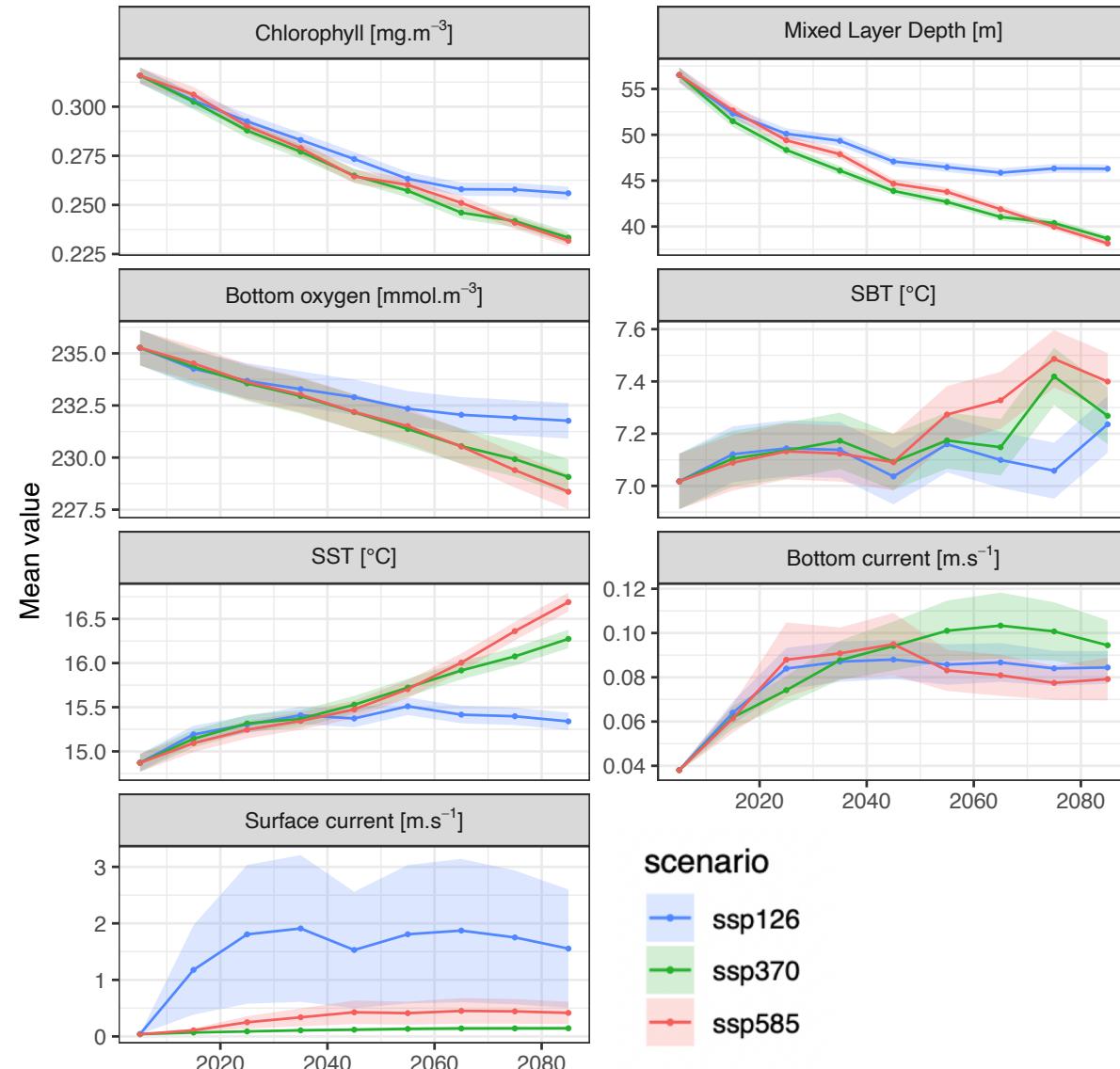


Figure 2 : Séries temporelles des variables environnementales selon les différents scénarios RCP

*GCM : Modèle de circulation globale

Qualité de l'habitat

Seuil de présence - binaire

Qualité de l'habitat

Indices **continus** ~ Probabilité (de 0 à 1)



Valeurs **binomiales** ~ Presence/Absence (0 ou 1)

Seuil optimal

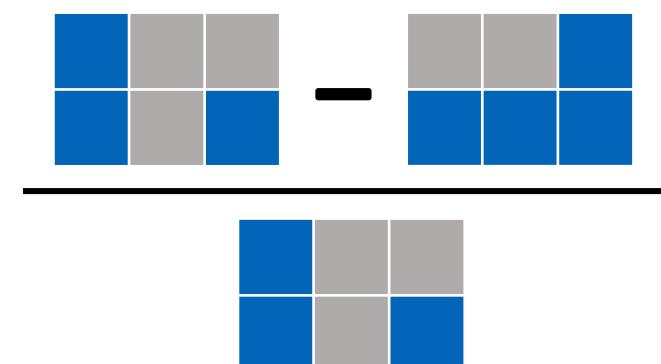
Qualité de l'habitat

Seuil de présence - binaire



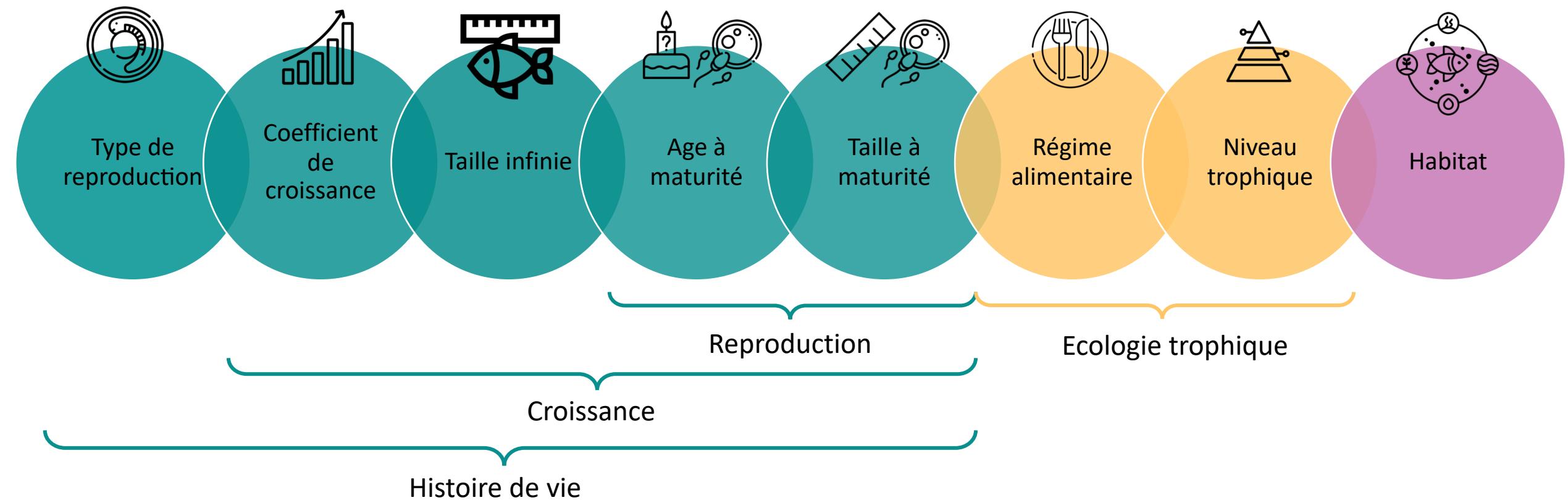
Changement de distribution des espèces

$$\text{Changement de l'aire de répartition (Range change)} = \frac{\text{Présence}_{\text{futur}} - \text{Présence}_{\text{présent}}}{\text{Présence}_{\text{présent}}} \times 100$$



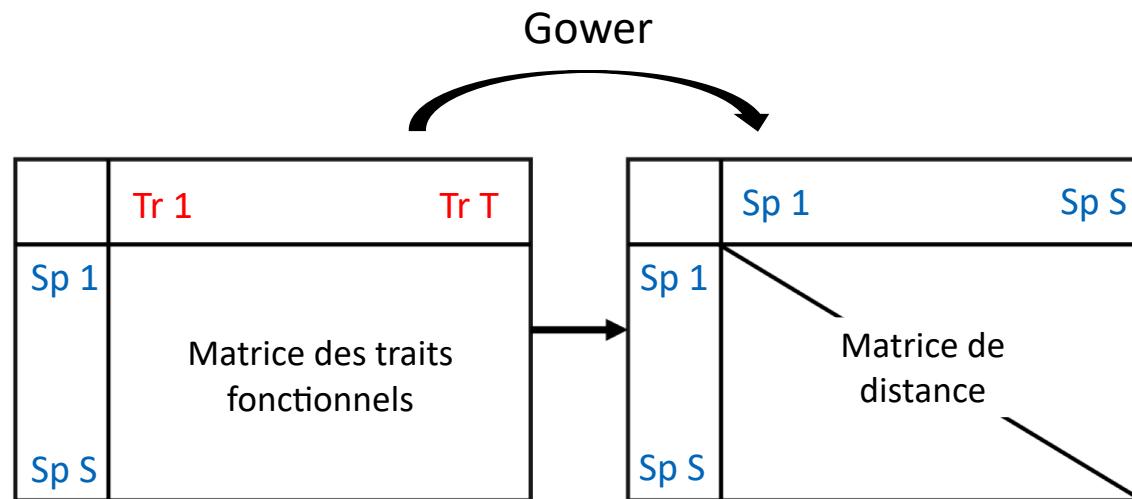
Traits fonctionnels

PANGEA + FishBase



Non colinéaires $|r| < 0.7$

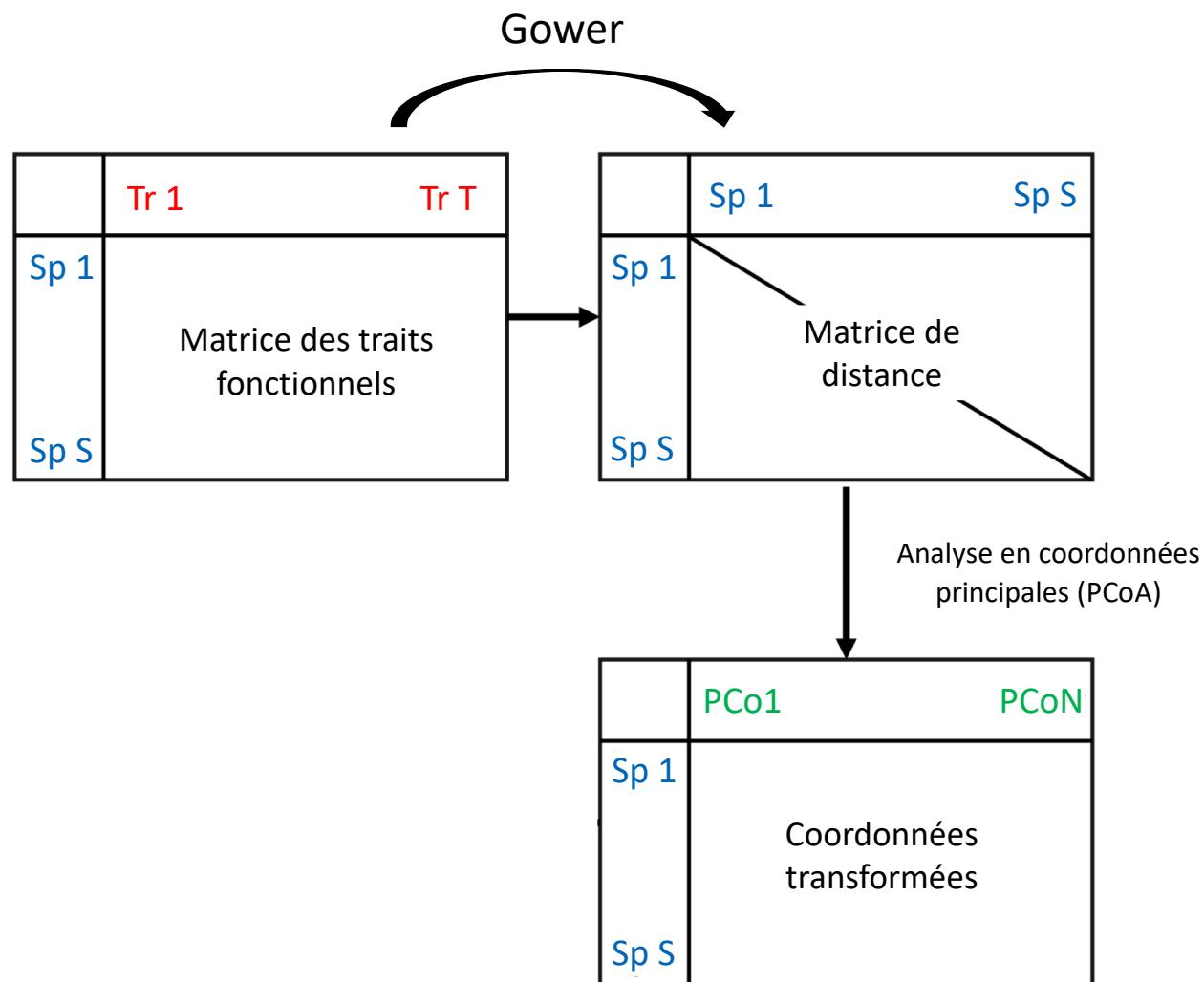
Traits fonctionnels



Adapté de Mouillot *et al.*, 2021

Figure 3 : Construction de l'espace fonctionnel

Traits fonctionnels



Adapté de Mouillot *et al.*, 2021

Figure 3 : Construction de l'espace fonctionnel

Traits fonctionnels

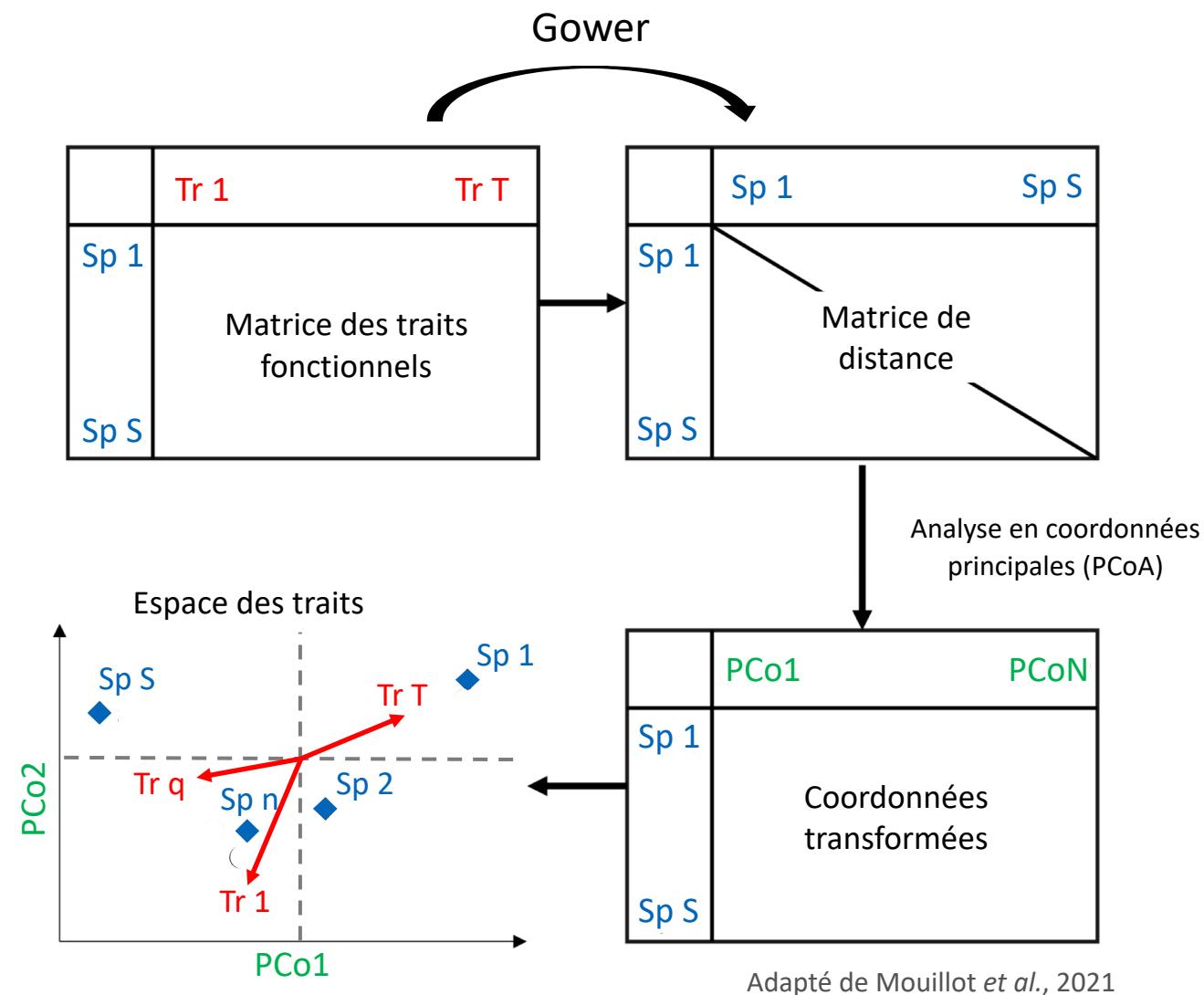
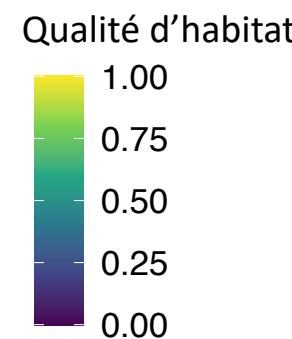
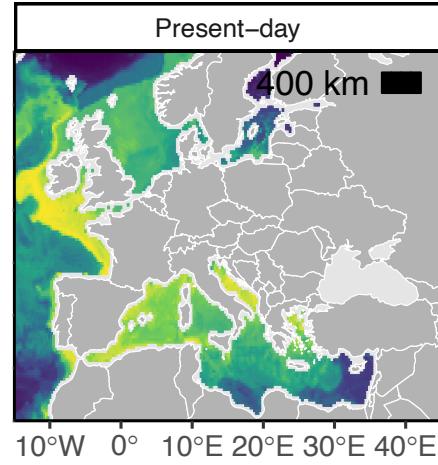
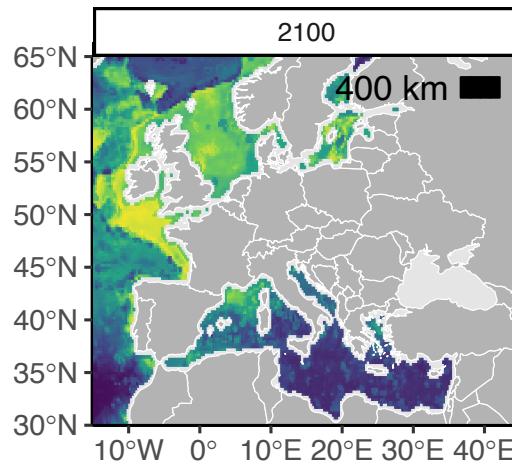


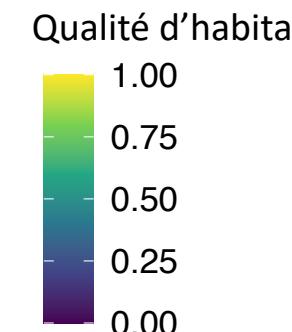
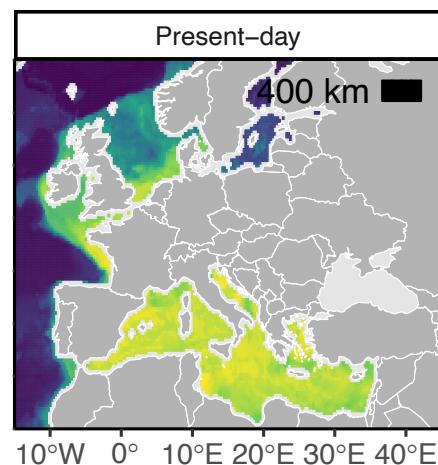
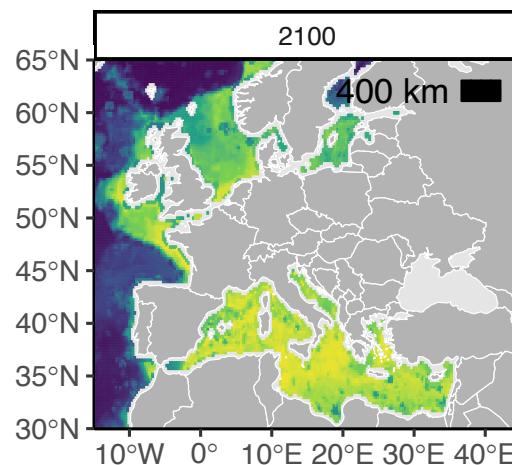
Figure 3 : Construction de l'espace fonctionnel

Résultats et Discussion

Qualité de l'habitat



Lepidorhombus boscii (Fausse limande)

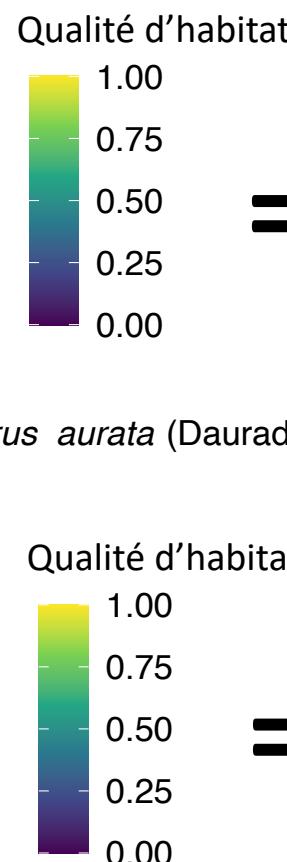
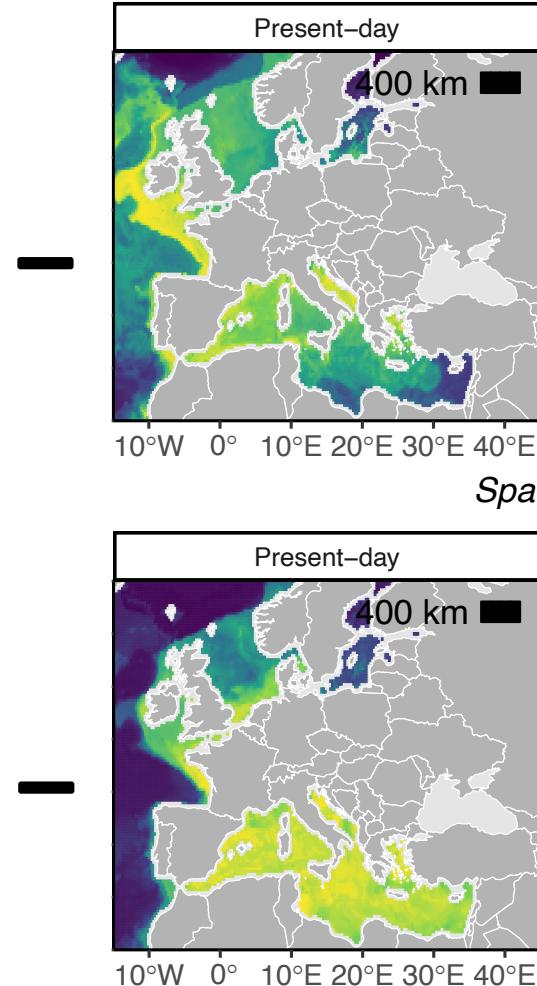
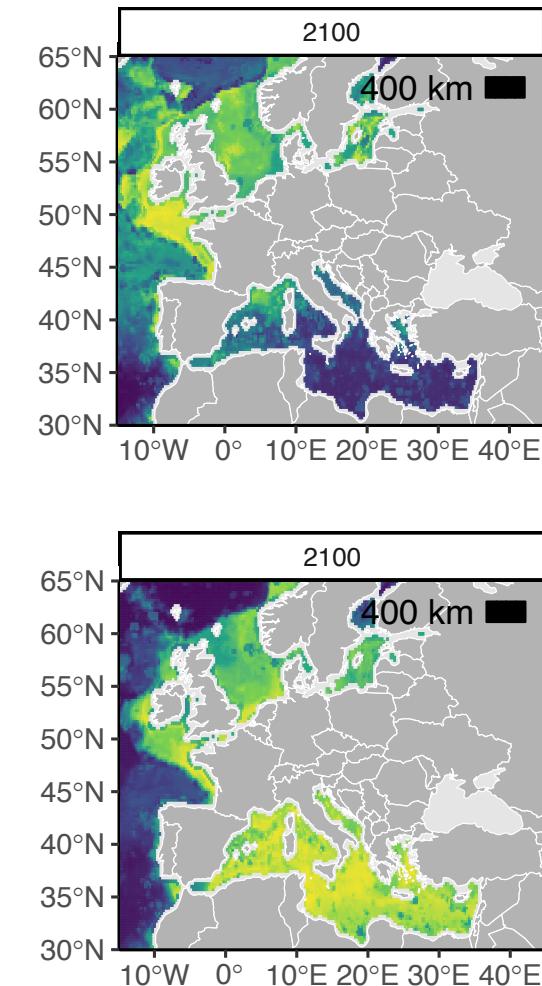


Sparus aurata (Daurade royale)

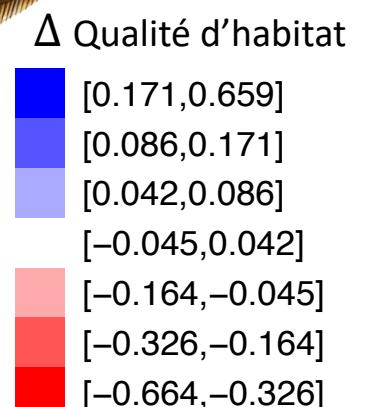
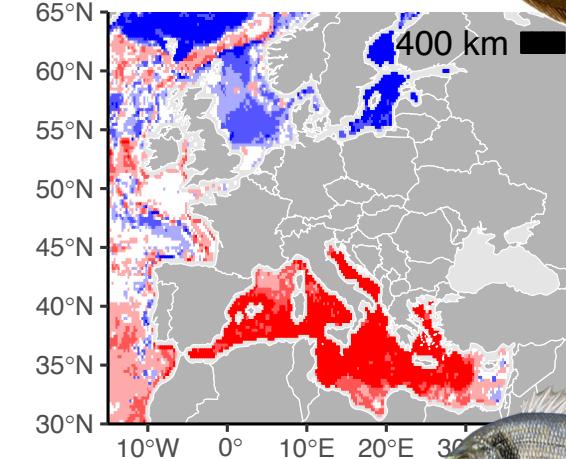


Figure 4 : Cartes de la qualité d'habitat du présent, de 2100 et de la différence pour 2 des 355 espèces

Qualité de l'habitat



Lepidorhombus boscii (Fausse limande)



Sparus aurata (Daurade royale)

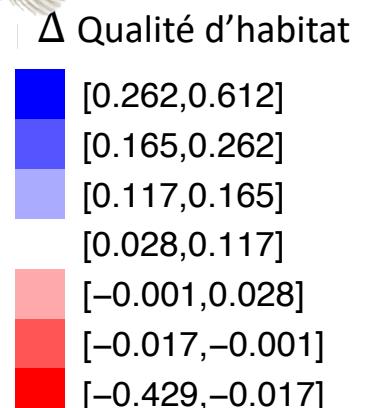
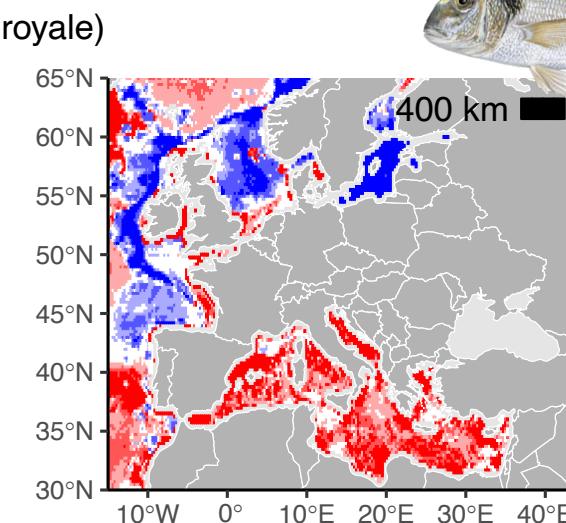
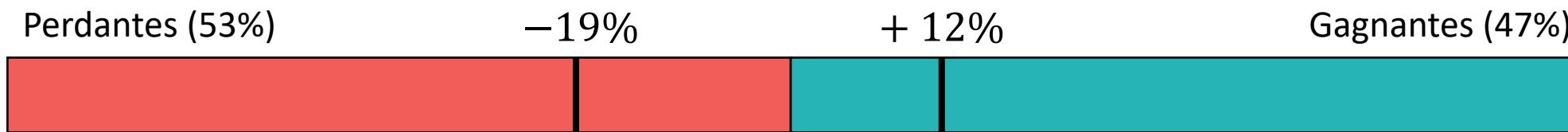


Figure 4 : Cartes de la qualité d'habitat du présent, de 2100 et de la différence pour 2 des 355 espèces

Changement de l'étendue de l'habitat

Espèces gagnantes et perdantes



Changement de l'étendue de l'habitat

Espèces gagnantes et perdantes

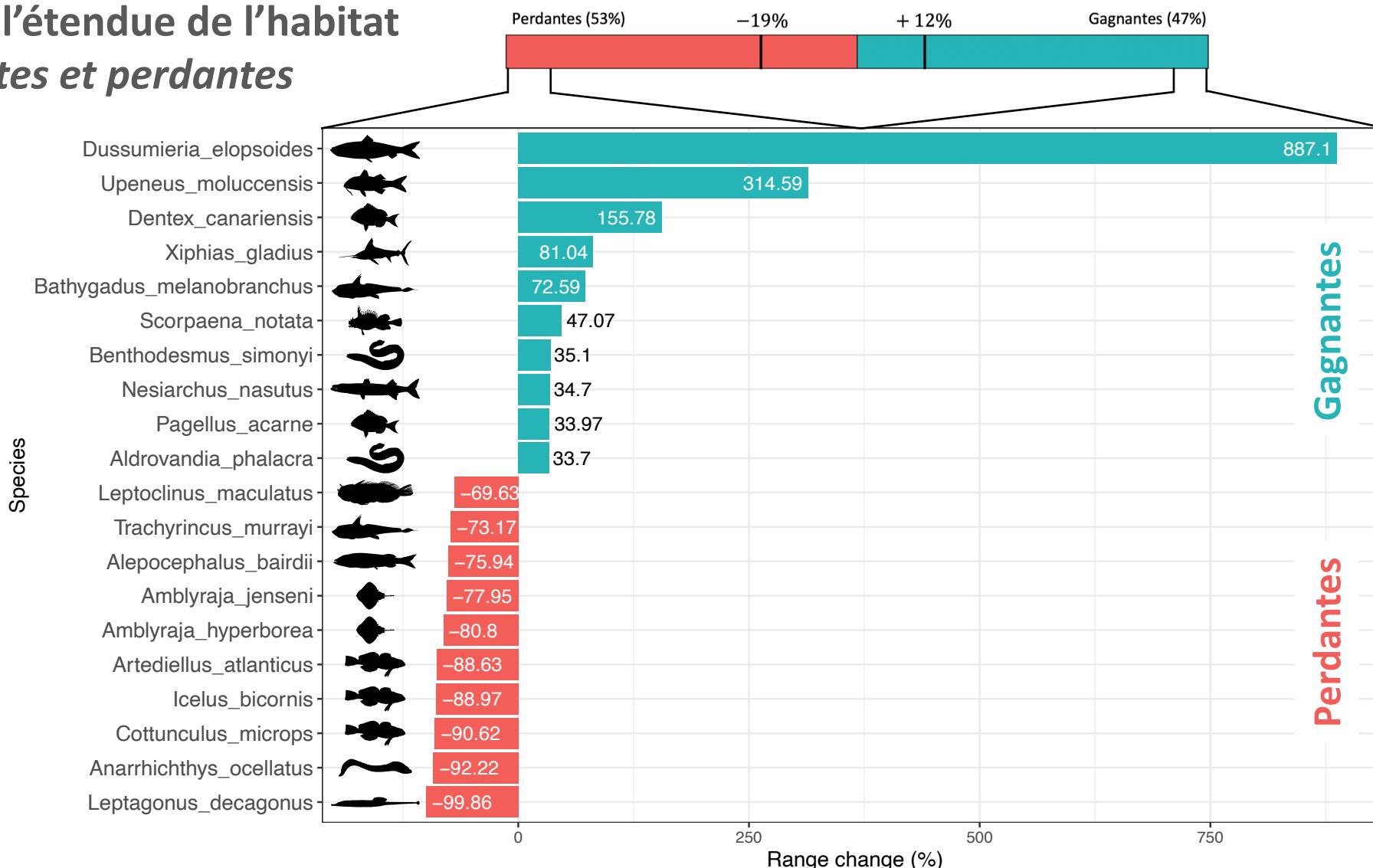


Figure 5 : Représentation des espèces avec les 10 changements d'aire d'aire de répartition les plus élevés et faibles entre le présent et 2100

Changement de l'étendue de l'habitat

Espèces gagnantes et perdantes

Sardine arc-en-ciel

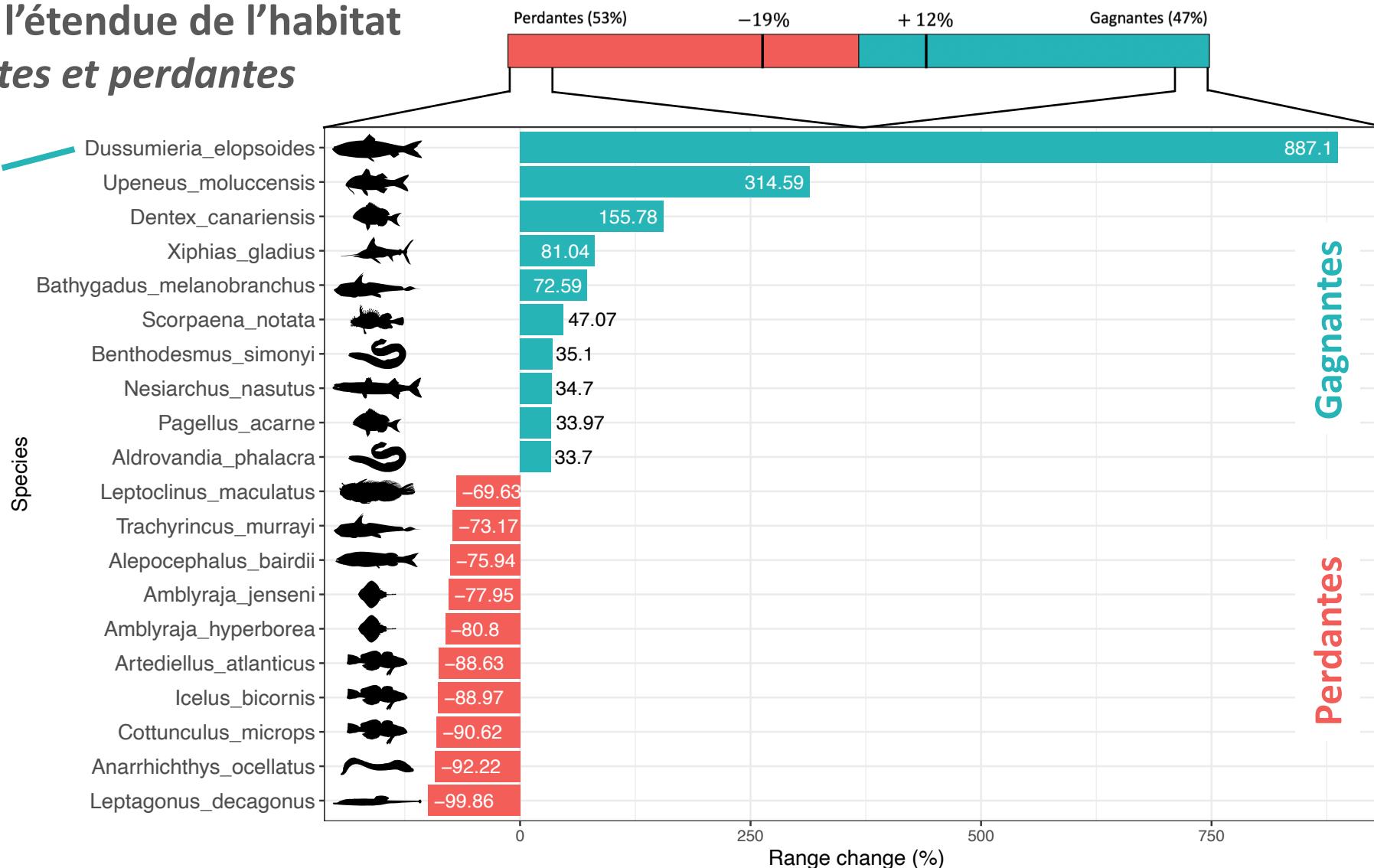


Figure 5 : Représentation des espèces avec les 10 changements d'aire d'aire de répartition les plus élevés et faibles entre le présent et 2100

Changement de l'étendue de l'habitat

Espèces gagnantes et perdantes

Sardine arc-en-ciel

Raies

Chabots

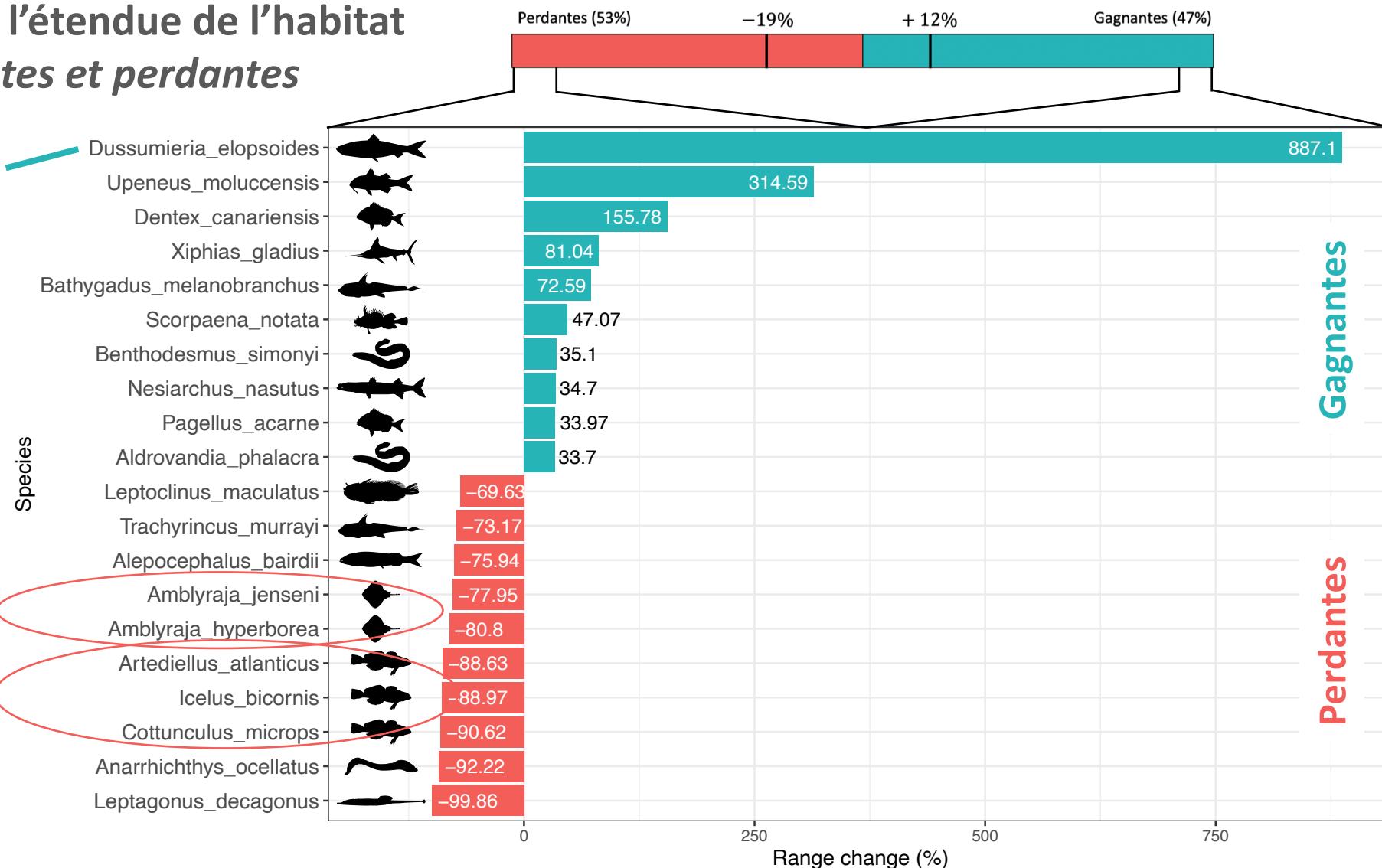


Figure 5 : Représentation des espèces avec les 10 changements d'aire d'aire de répartition les plus élevés et faibles entre le présent et 2100

Changement de l'étendue de l'habitat

Relation avec les traits

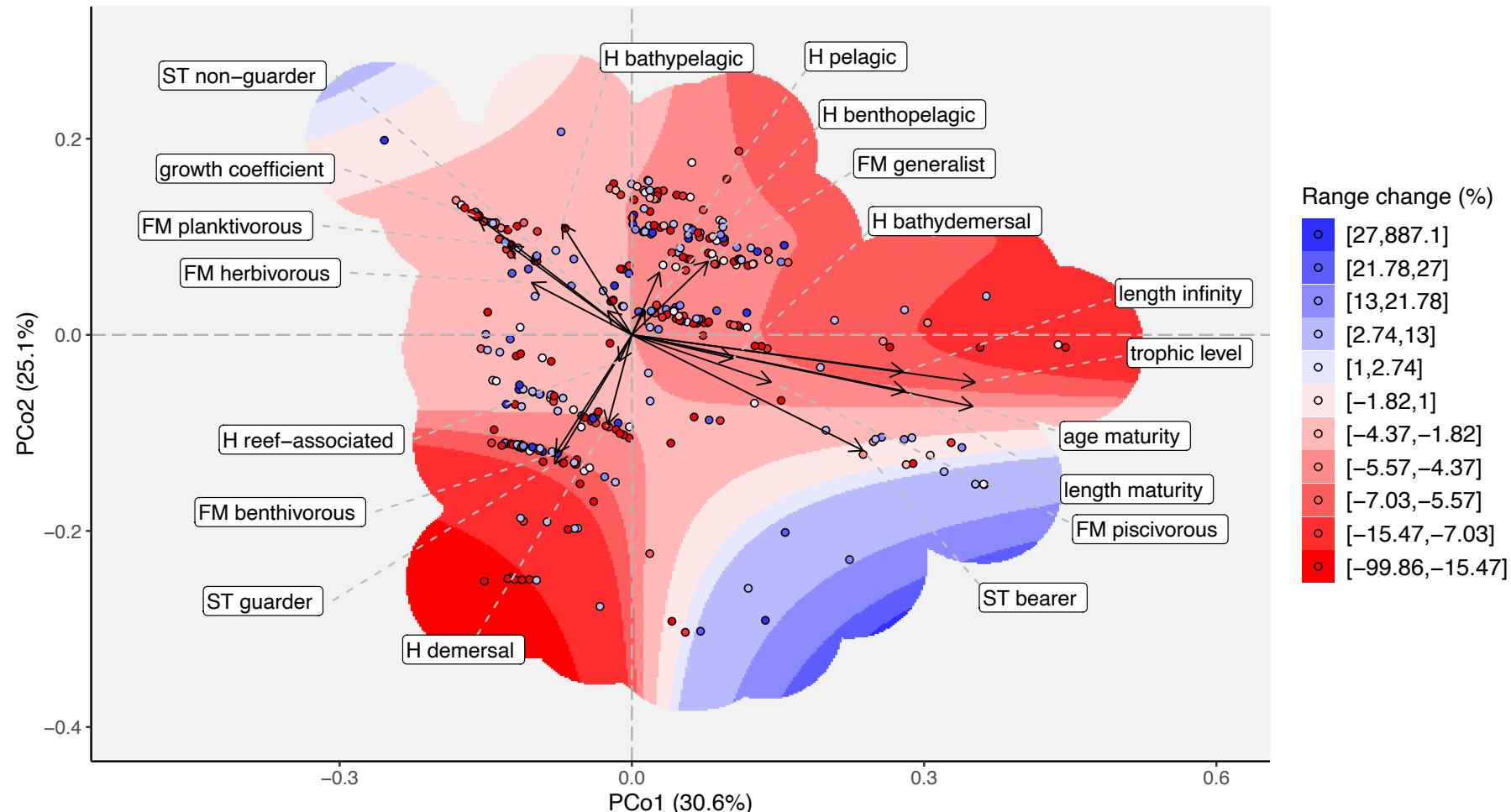


Figure 6 : Changement de l'étendue de l'habitat observé (points) et modélisé avec un GAM (continu) représenté dans l'espace fonctionnel

Changement de l'étendue de l'habitat

Relation avec les traits

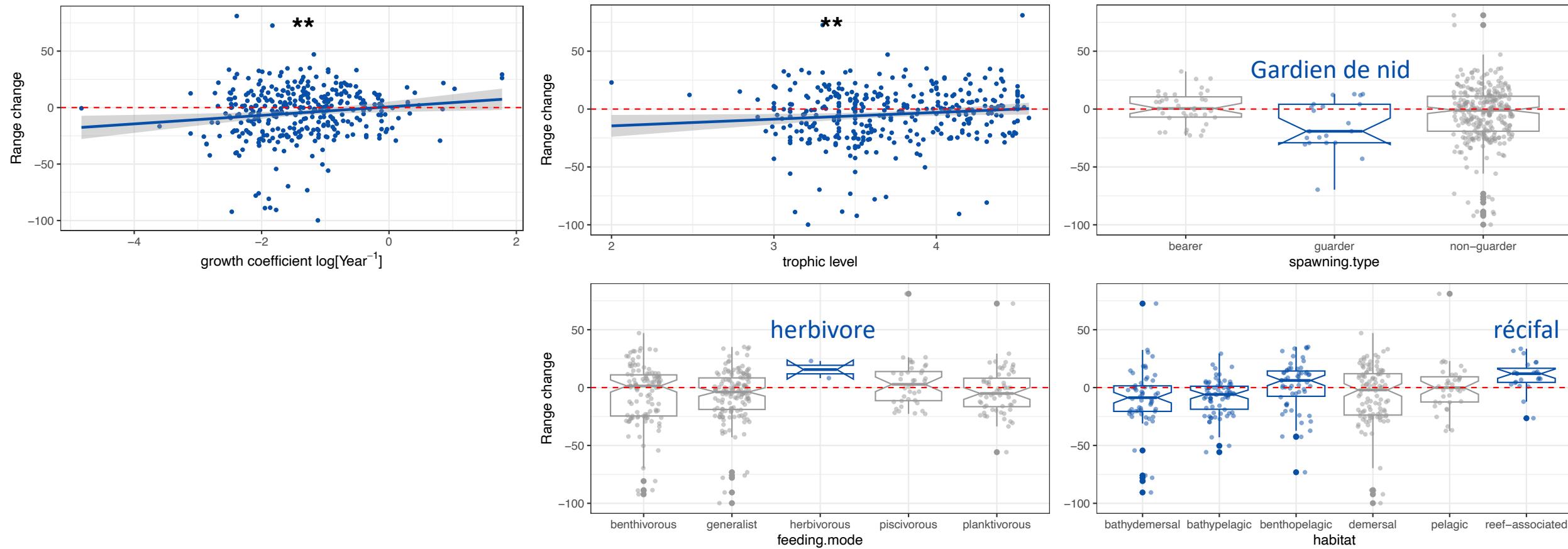


Figure 7 : Relation entre le changement de l'aire de répartition et chaque trait fonctionnel

Changement de l'étendue de l'habitat

Relation avec les traits

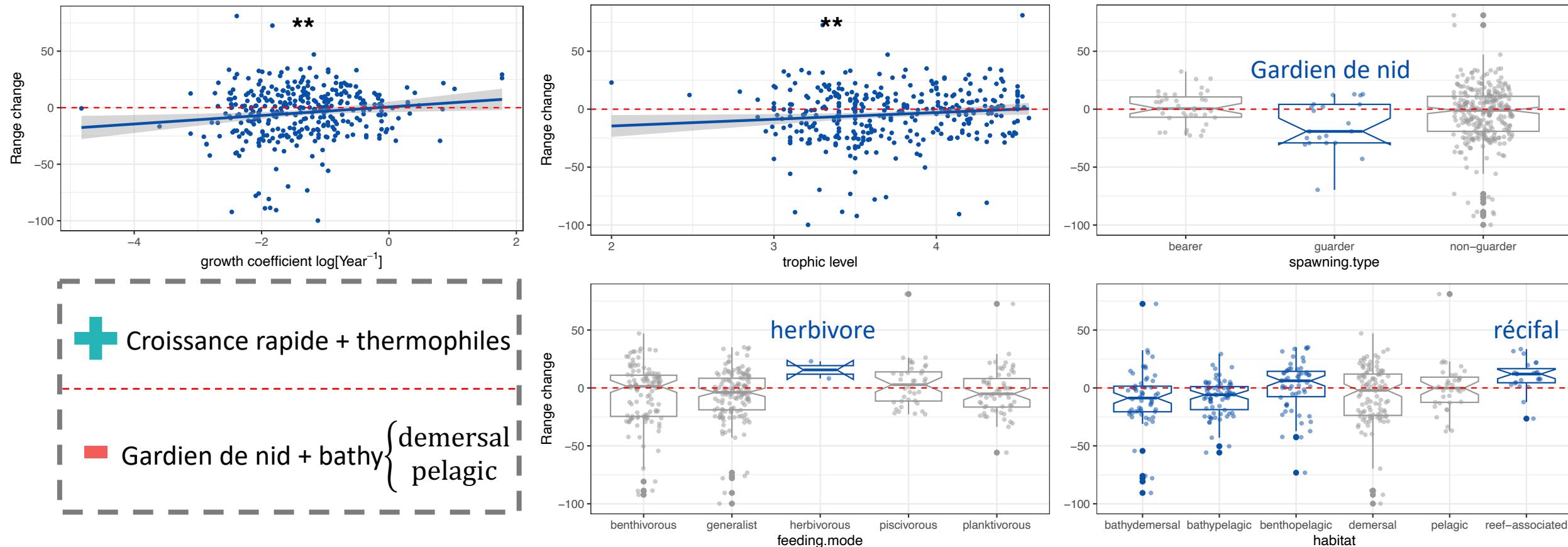


Figure 7 : Relation entre le changement de l'aire de répartition et chaque trait fonctionnel

Diversité des communautés

Structures spatiales fonctionnelles actuelles

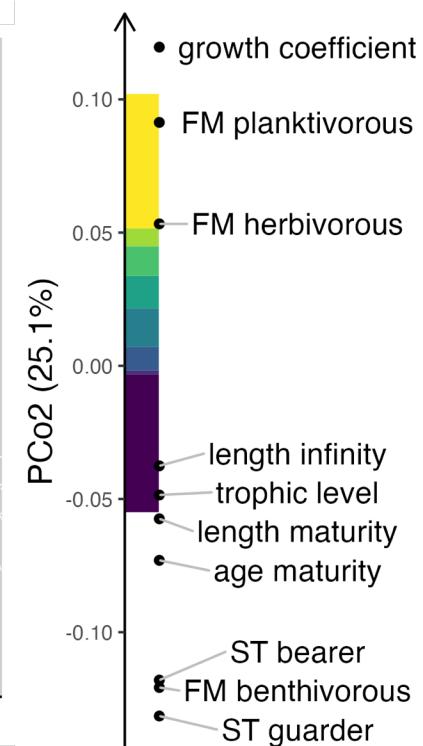
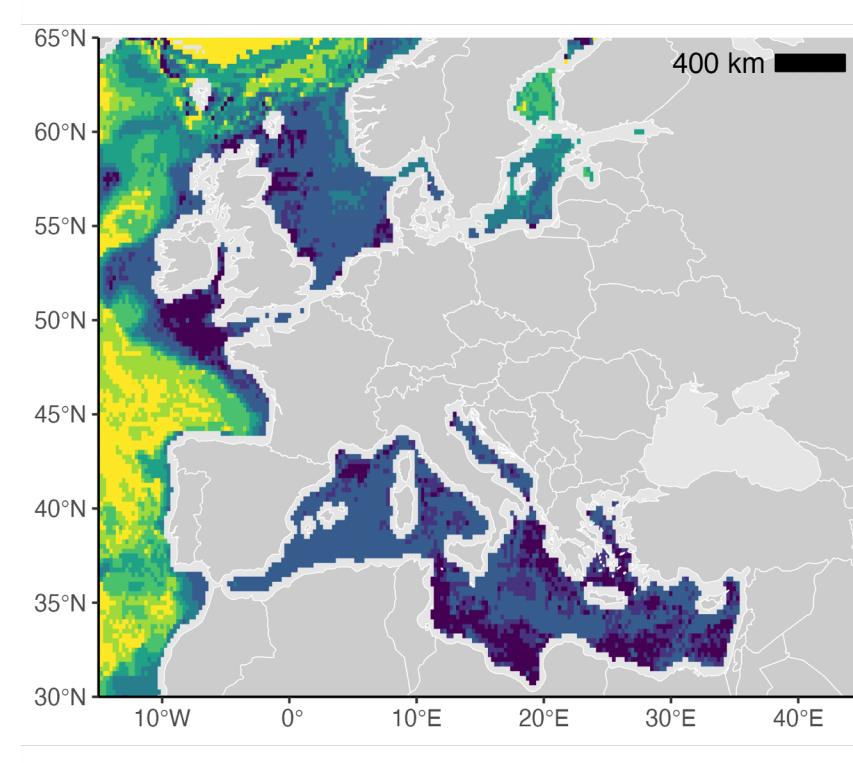
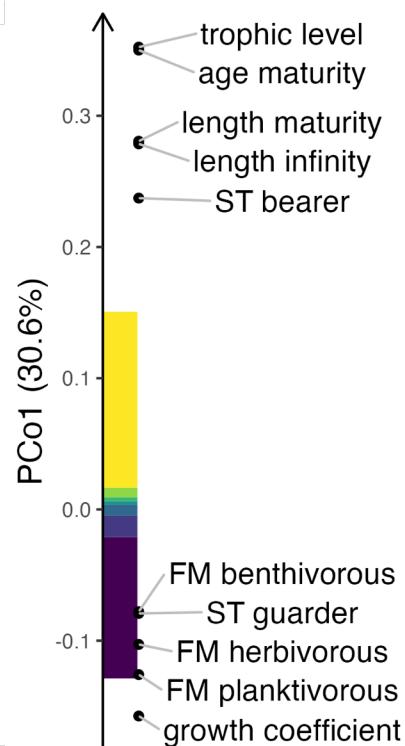
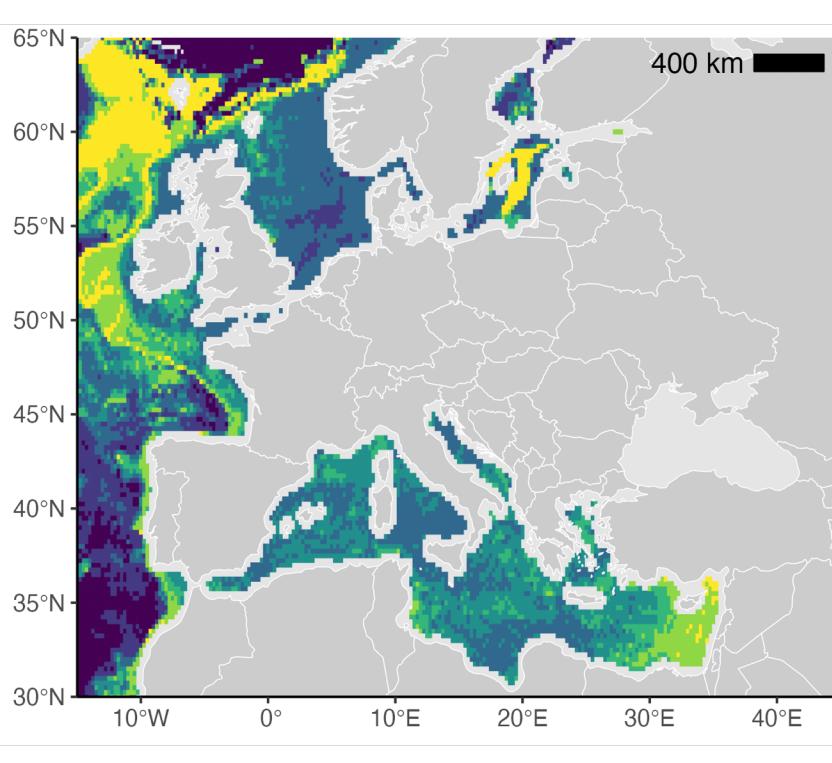


Figure 8 : Cartes de la composition des traits des communautés (identité fonctionnelle) du présent sur PCo1 et PCo2 à partir des traits des 355 espèces

Diversité des communautés

Dynamiques temporelles fonctionnelles

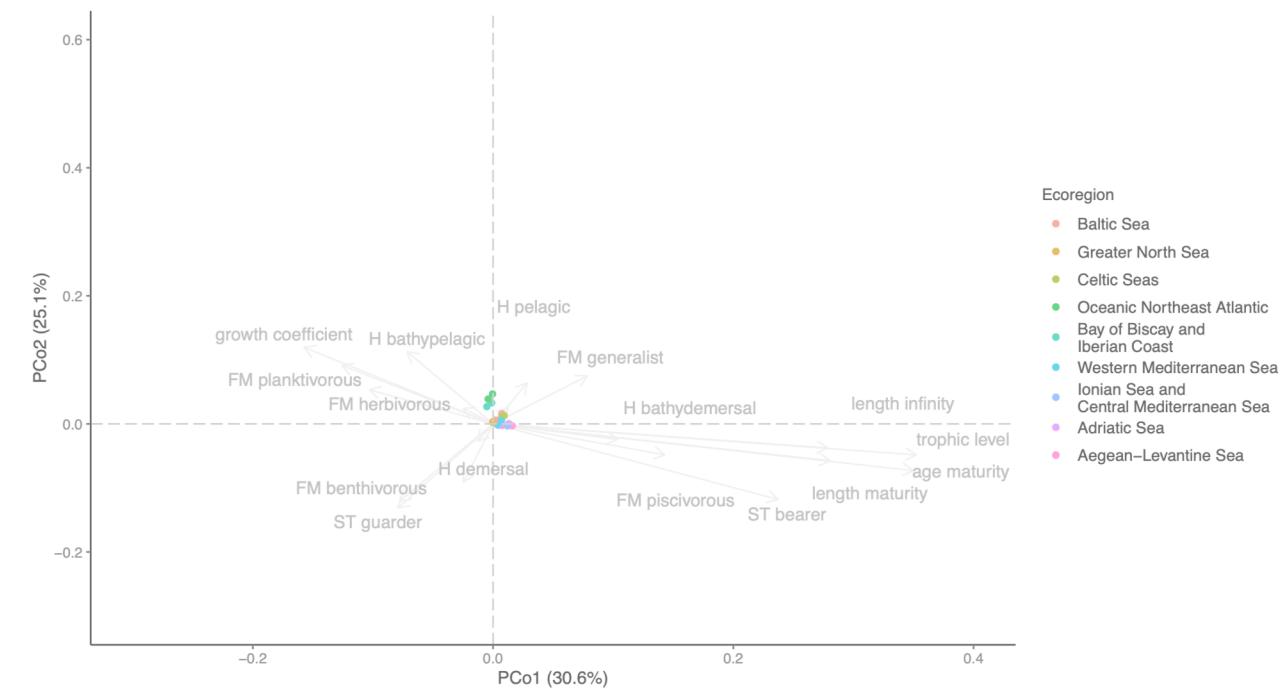


Figure 9 : Changement d'identité fonctionnelle des écorégions dans l'espace fonctionnel entre le présent et 2100

Diversité des communautés

Dynamiques temporelles fonctionnelles

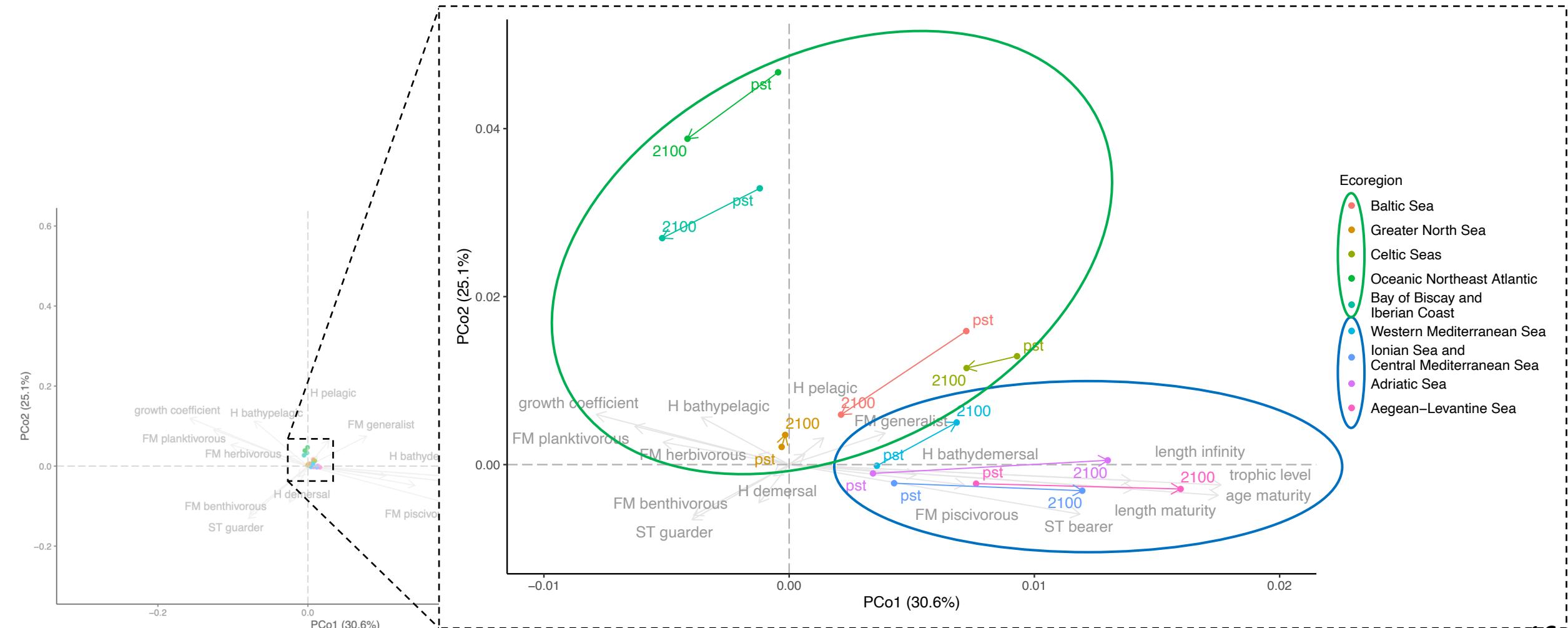


Figure 9 : Changement d'identité fonctionnelle des écorégions dans l'espace fonctionnel entre le présent et 2100

Diversité des communautés

Dynamiques temporelles fonctionnelles

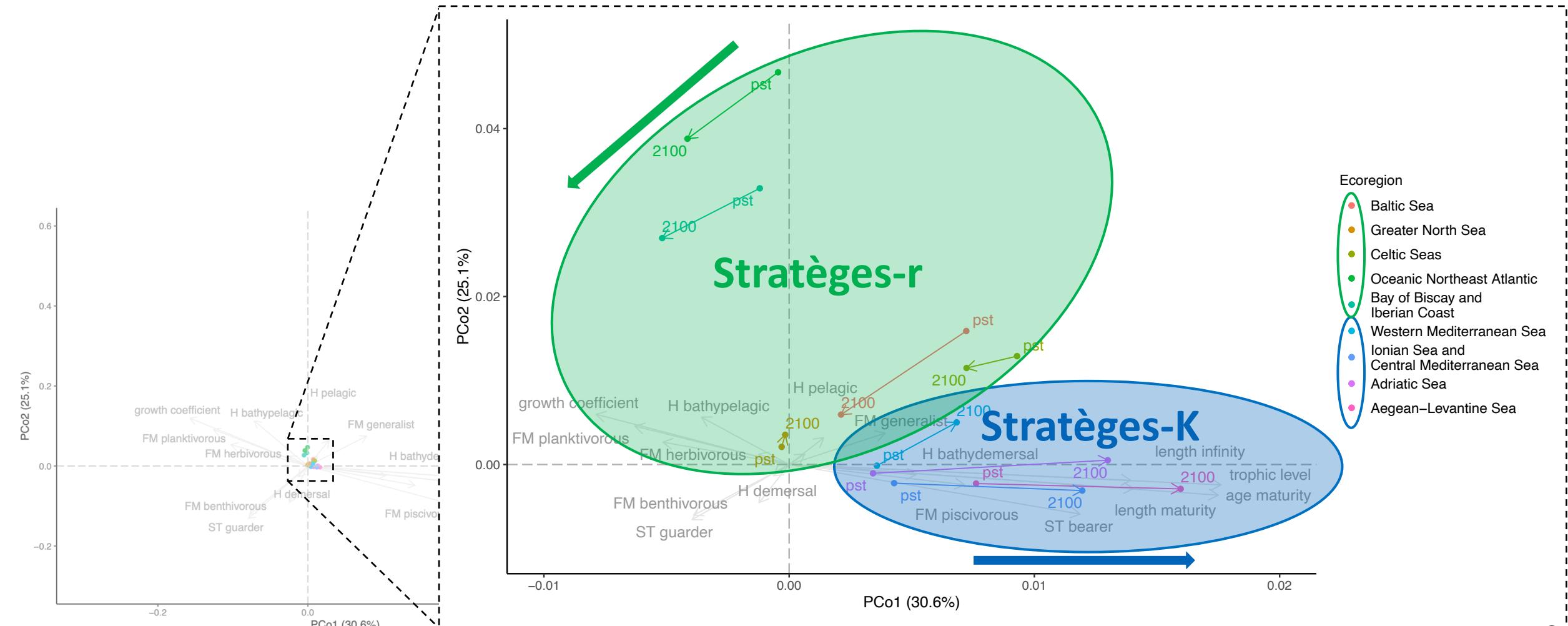


Figure 9 : Changement d'identité fonctionnelle des écorégions dans l'espace fonctionnel entre le présent et 2100

Diversité des communautés

Dynamiques temporelles de richesse

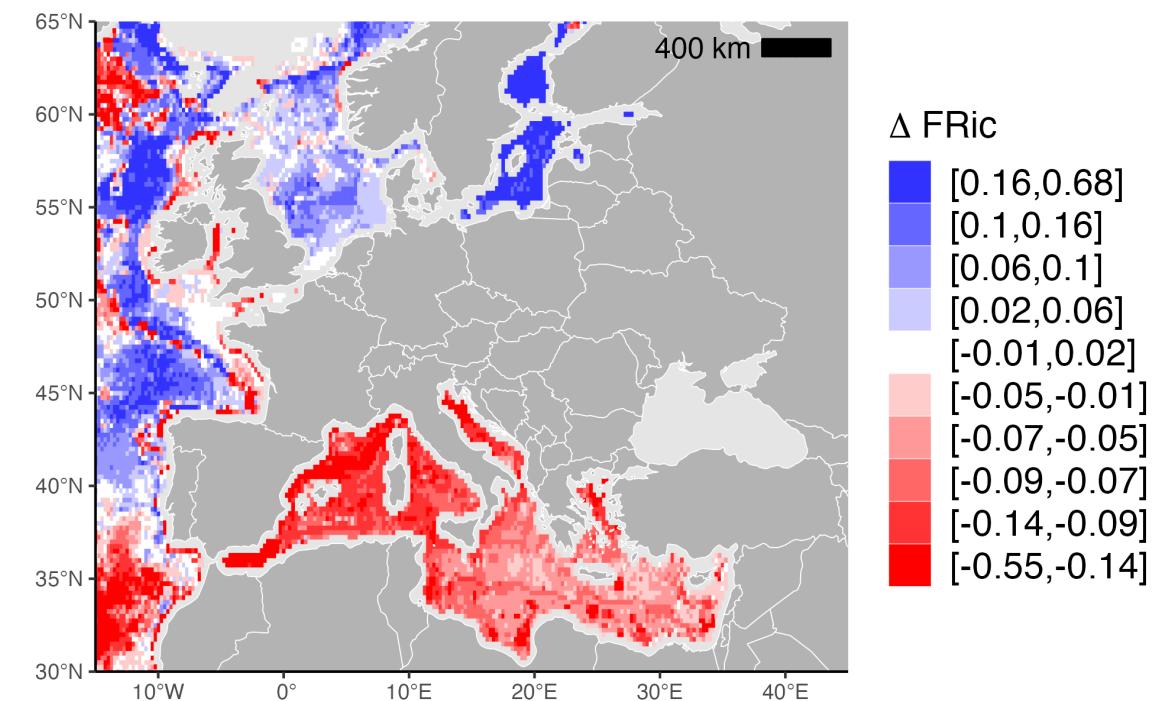
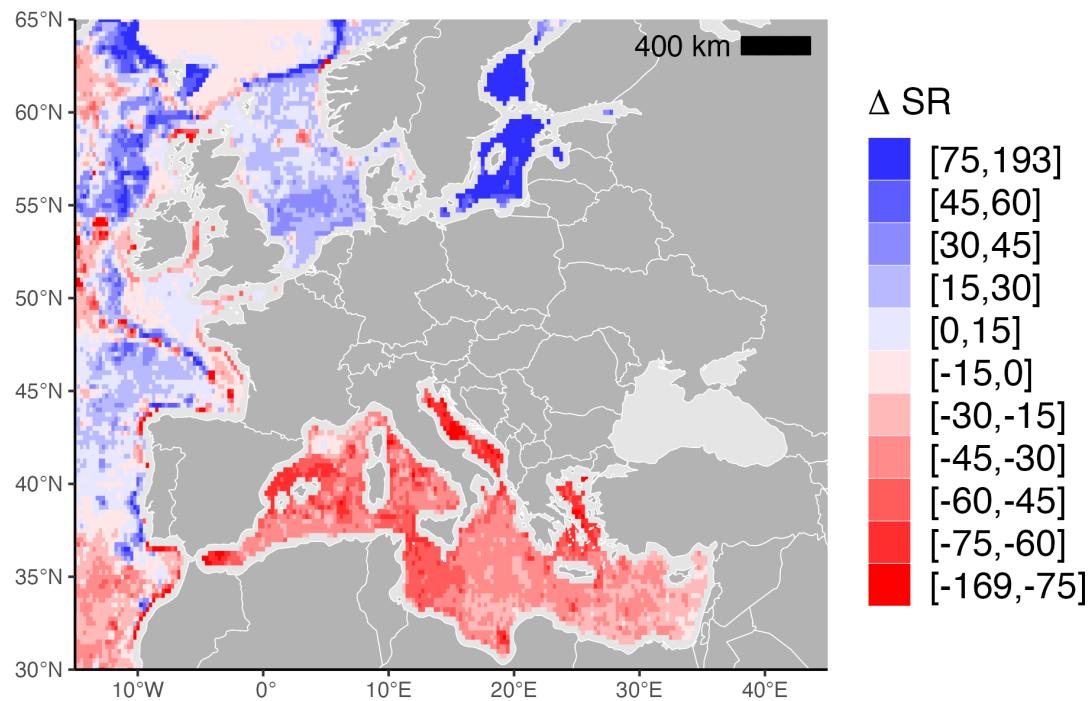


Figure 10 : Cartes du changement d'indices de diversité entre le présent et 2100 avec SR : richesse spécifique; FRic : richesse fonctionnelle

Take-home message



Fonctionnel

↑ dominance des poissons stratégies-K

↑ dominance des poissons stratégies-r

Take-home message

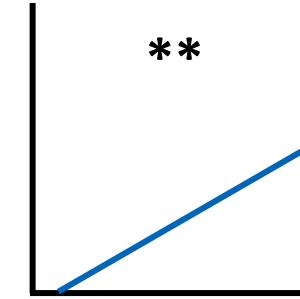


Fonctionnel

→ dominance des poissons stratégies-K

→ dominance des poissons stratégies-r

Changement aire
répartition



Coefficient de croissance
Niveau trophique

Take-home message

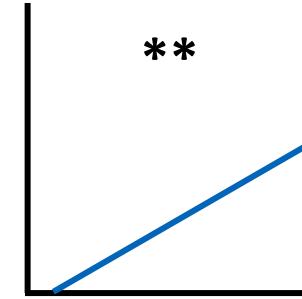


Fonctionnel

↑ dominance des poissons stratégies-K

↑ dominance des poissons stratégies-r

Changement aire
répartition

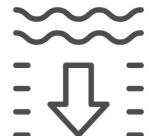


Coefficient de croissance
Niveau trophique

Taxonomique



Déplacement vers le Nord



Déplacement vers le fond

Take-home message

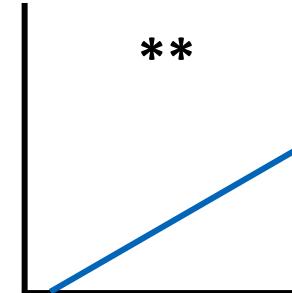


Fonctionnel

↑ dominance des poissons stratégies-K

↑ dominance des poissons stratégies-r

Changement aire
répartition

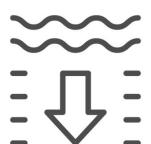


Coefficient de croissance
Niveau trophique

Taxonomique



Déplacement vers le Nord



Déplacement vers le fond

**Opposition dynamique temporelle
(taxonomique + fonctionnel)**

Nord-est Atlantique – Méditerranée

Limitations et perspectives

✗ Résultats dépendent d'un seul choix statistique

✗ Pression de pêche

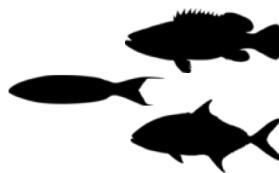
✗ Interactions trophiques et biotiques

✗ Variabilité environnementale (saison + extrême)

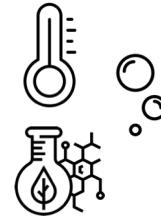
⚠ Prédictions de la mer Baltique avec prudence

Limitations et perspectives

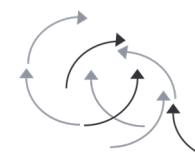
- ✗ Résultats dépendent d'un seul choix statistique
- ✗ Pression de pêche
- ✗ Interactions trophiques et biotiques
- ✗ Variabilité environnementale (saison + extrême)
- ⚠ Prédictions de la mer Baltique avec prudence



Prendre en compte davantage d'espèces



Identifier les meilleurs prédicteurs environnementaux associés aux changements de structure fonctionnelle



Prédire l'abondance des espèces
→ déduire les structures locales du réseau trophique
→ modéliser un méta-réseau complet



Inclure la composante de diversité phylogénétique

Limitations et perspectives

- ✗ Résultats dépendent d'un seul choix statistique
- ✗ Pression de pêche
- ✗ Interactions trophiques et biotiques
- ✗ Variabilité environnementale (saison + extrême)
- ⚠ Prédictions de la mer Baltique avec prudence

Merci !



Prendre en compte davantage d'espèces



Identifier les meilleurs prédicteurs environnementaux associés aux changements de structure fonctionnelle



→ évaluer l'abondance des espèces

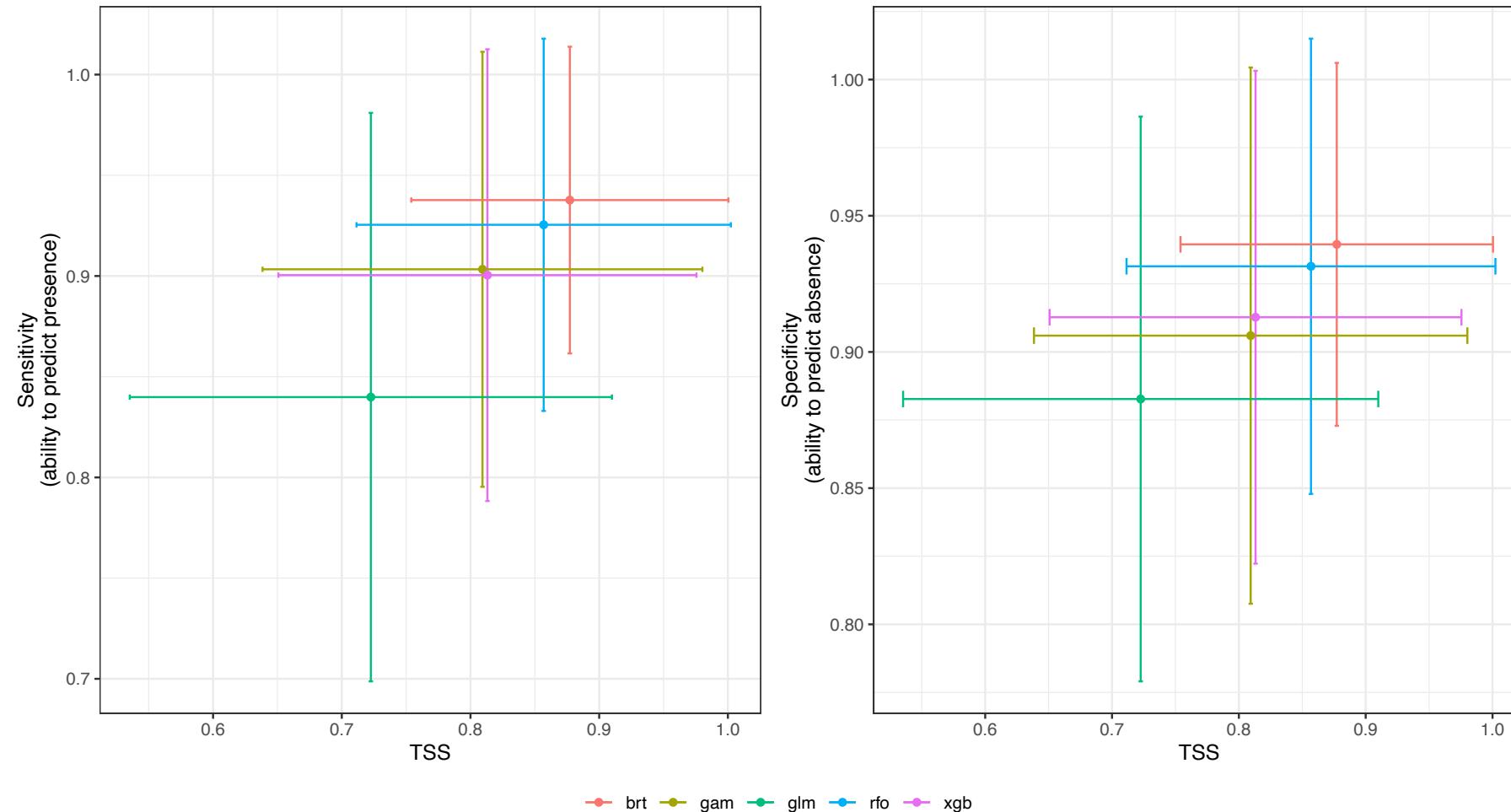
→ déduire les structures locales du réseau trophique

→ modéliser un méta-réseau complet



Inclure la composante de diversité phylogénétique

Performance des modèles (TSS)



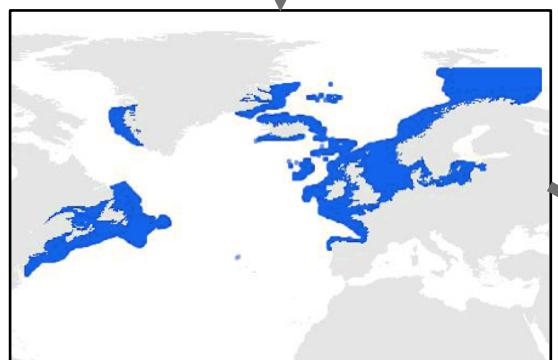
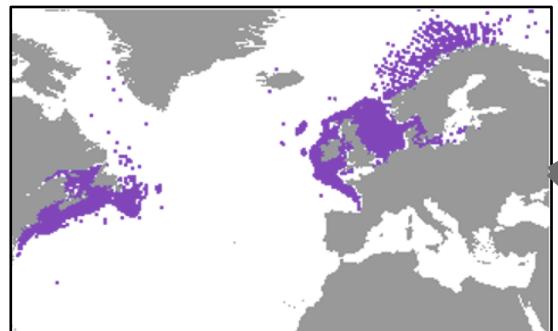
Modèles de niche écologique (SDM)

Occurrence des espèces

GBIF présences (brut)

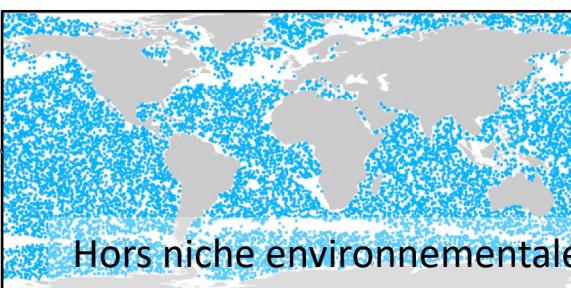
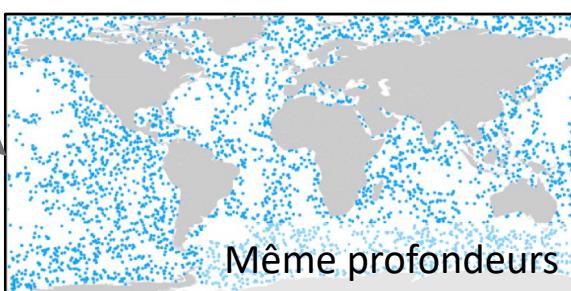
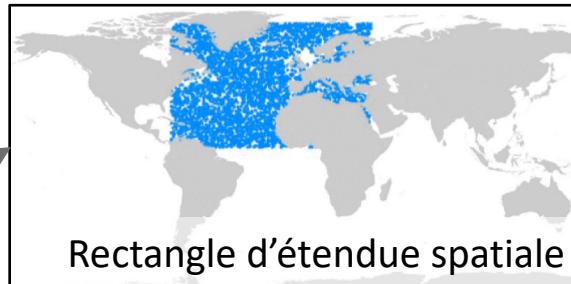


Global Biodiversity Information Facility



Range mapping (étendue)

Pseudo-absences



Melanogrammus aeglefinus

Simple et double
prévalence
+
2 tirages aléatoires

12 jeux de données pour
les 355 espèces

Modèles de niche écologique (SDM)

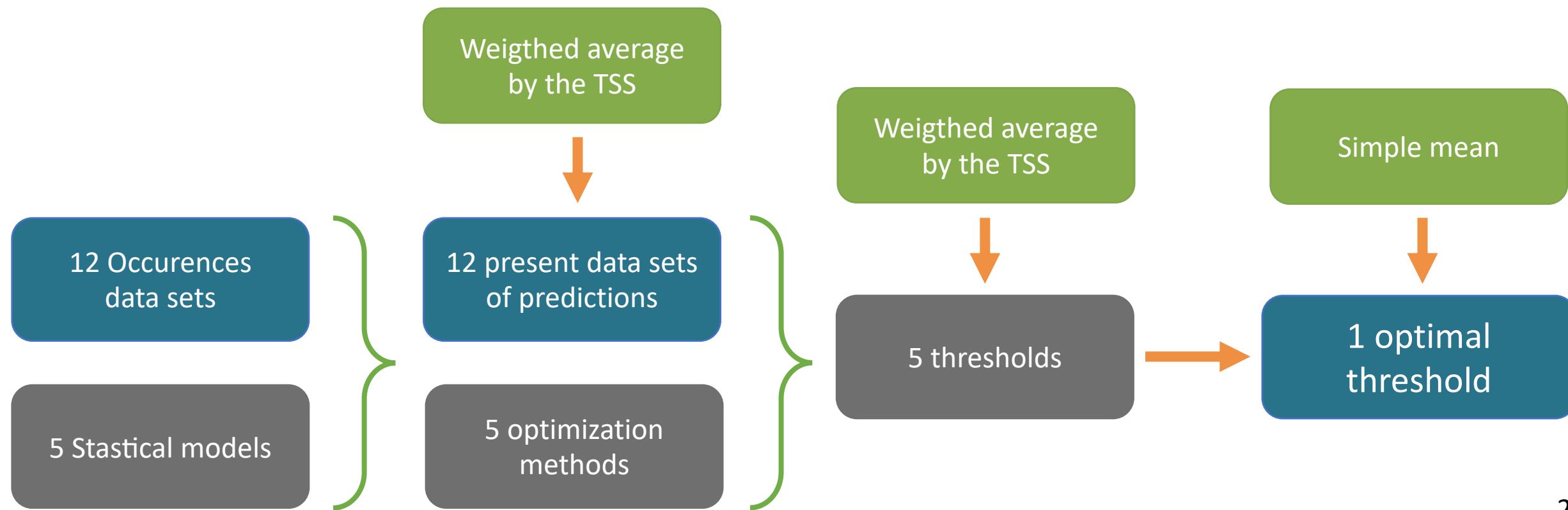
Seuil de présence

Habitat suitability

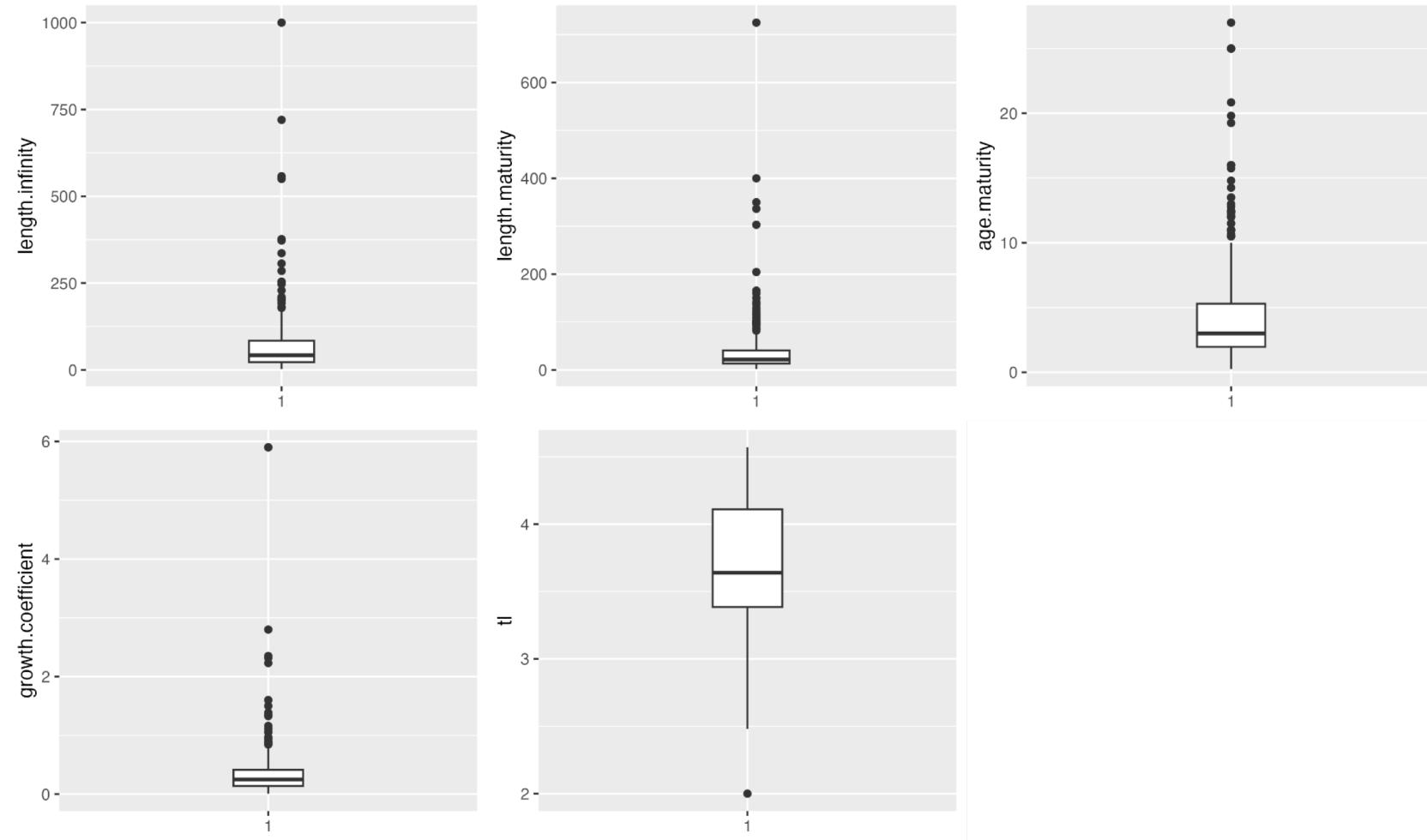
Continuous indices ~ Probability (from 0 to 1)



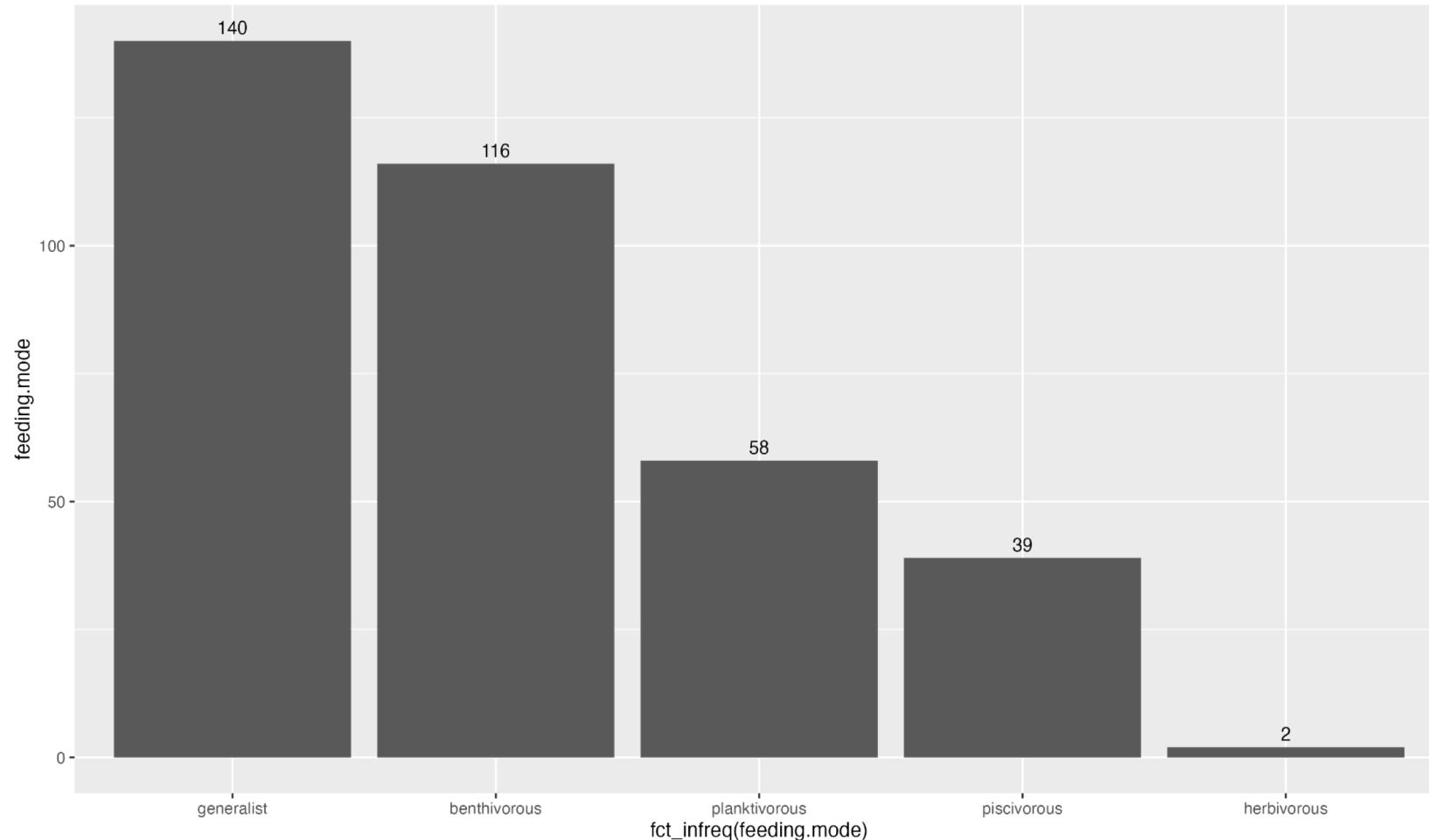
Binomial values ~ Presence/Absence (0 or 1)



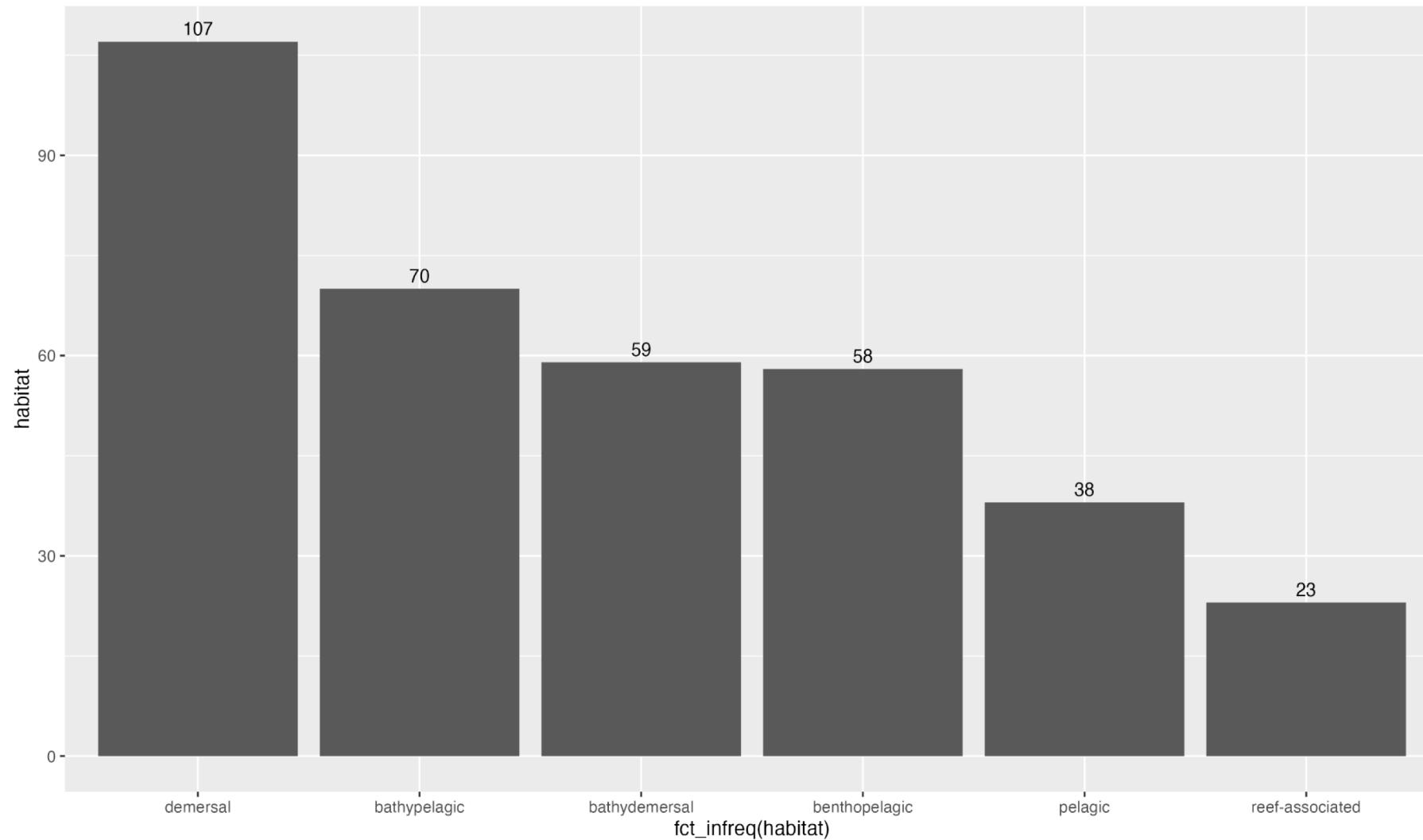
Caractérisation de l'échantillonnage au niveau des traits



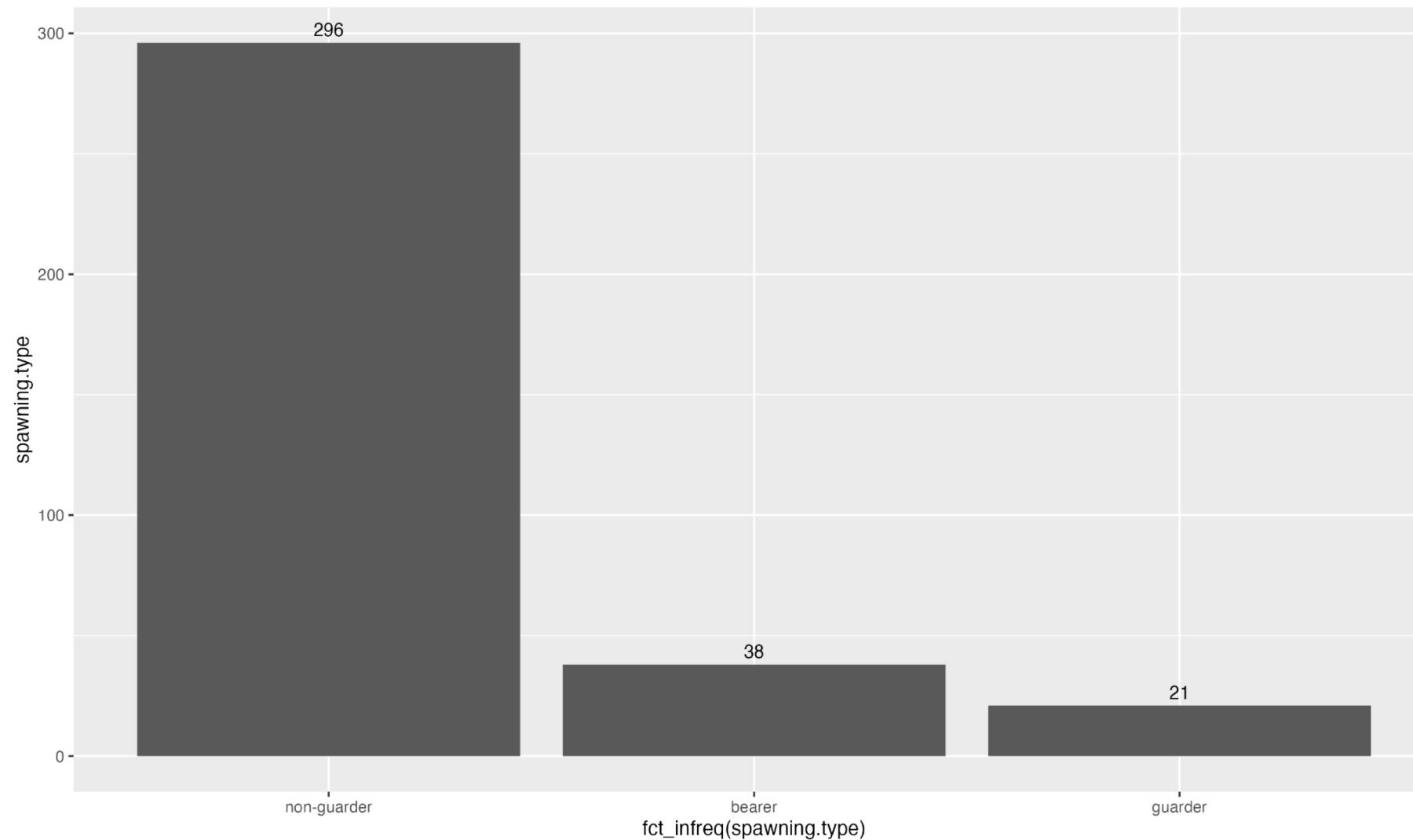
Caractérisation de l'échantillonnage au niveau des traits



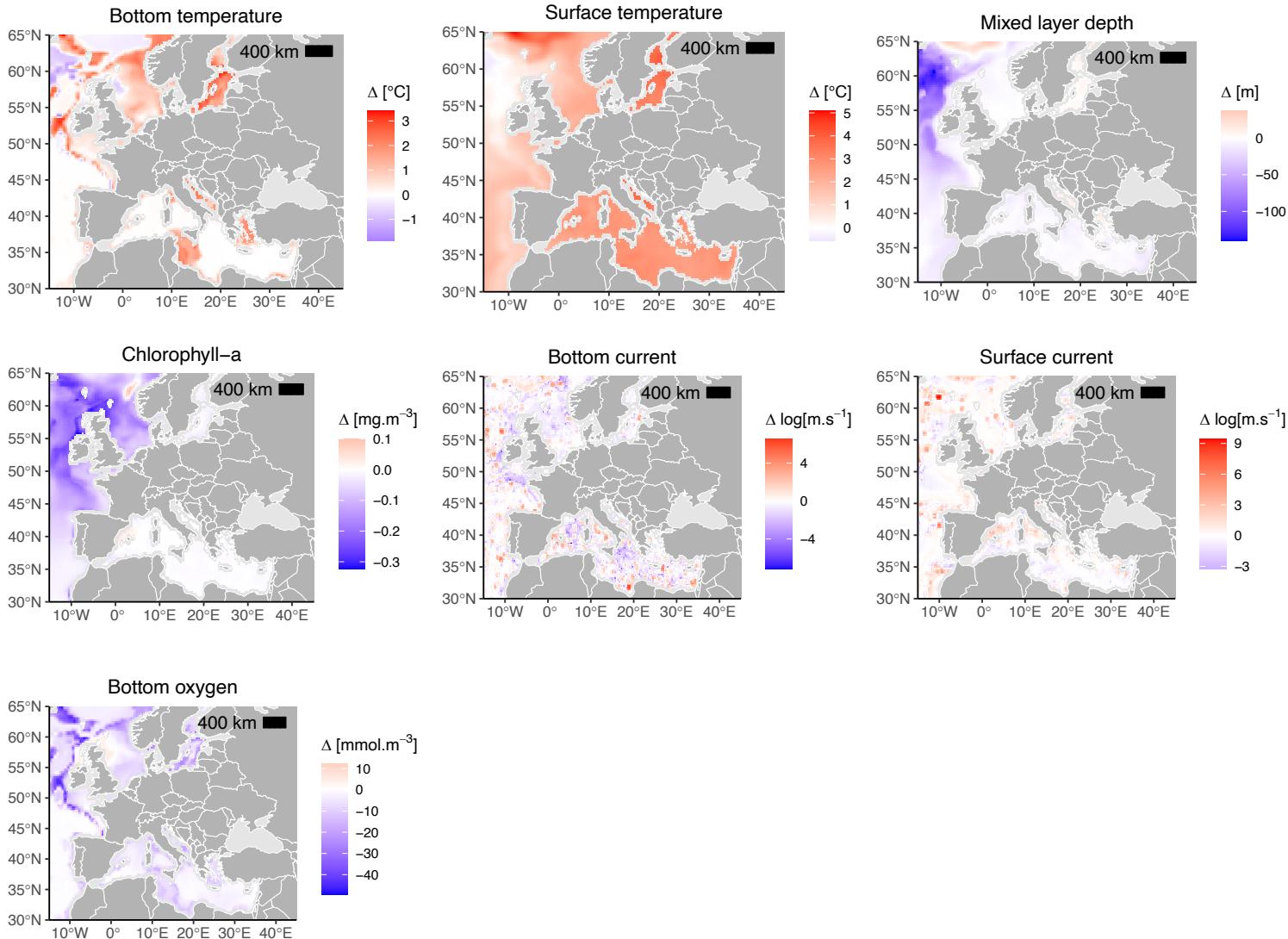
Caractérisation de l'échantillonnage au niveau des traits



Caractérisation de l'échantillonnage au niveau des traits



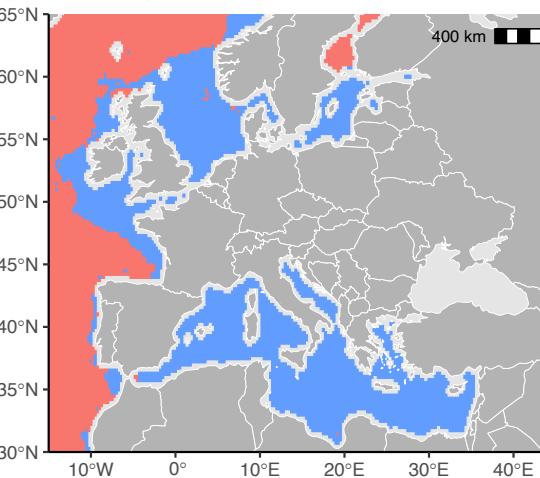
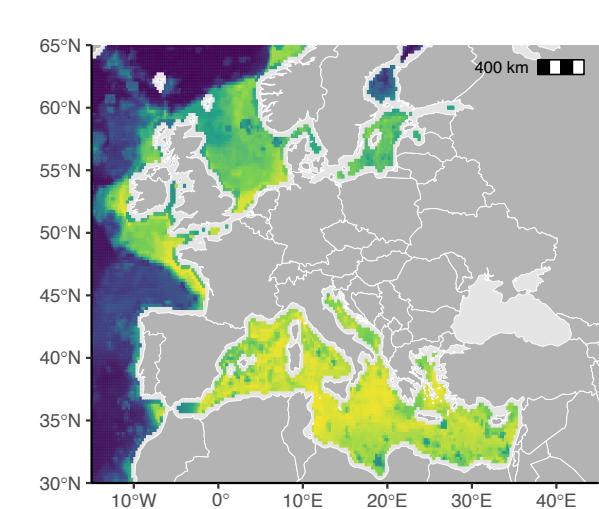
Changement des conditions environnementales



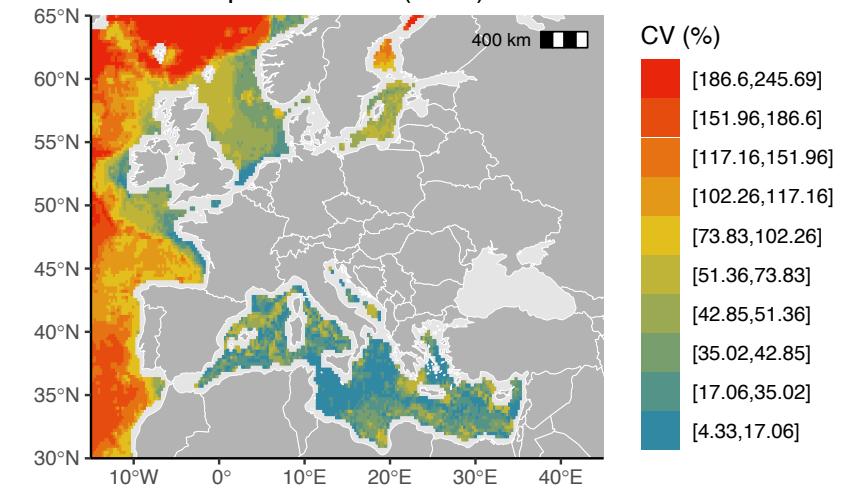
Modèles de niche écologique (SDM)

Projections futures

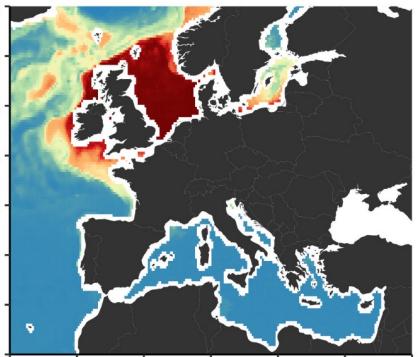
Daurade royale



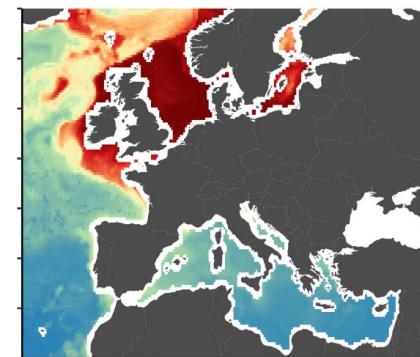
Coefficient of variation of mean habitat suitability
Sparus aurata (2085)



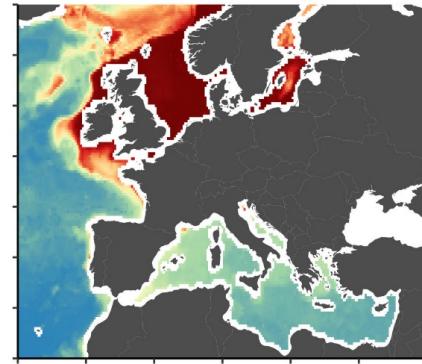
Limanda_limanda



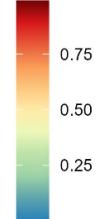
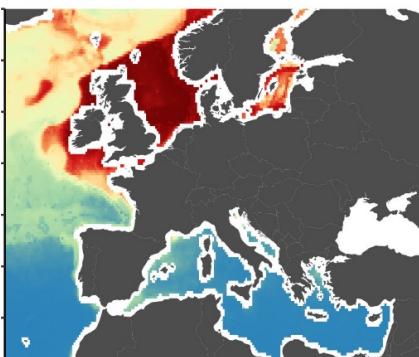
Gadus_morhua



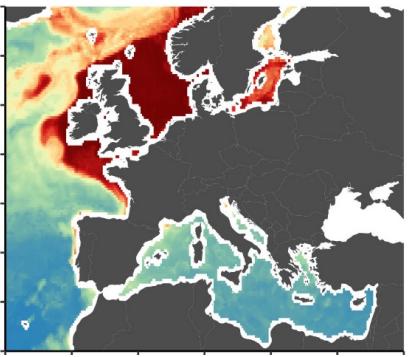
Clupea_harengus



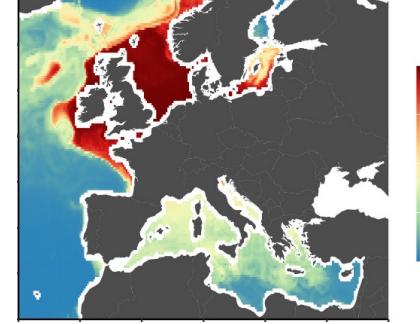
Hippoglossoides_platessoides



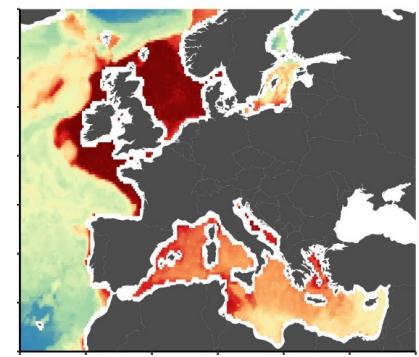
Melanogrammus_aeglefinus



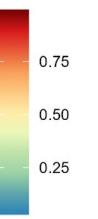
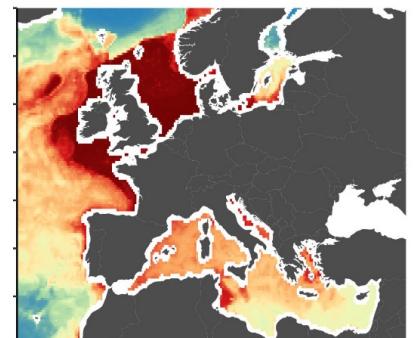
Merlangius_merlangus



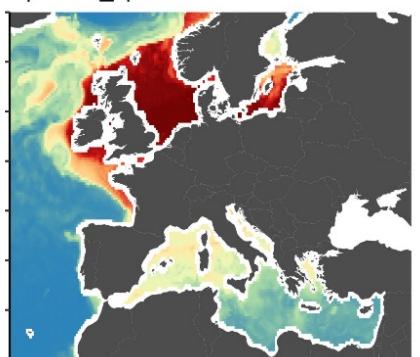
Merluccius_merluccius



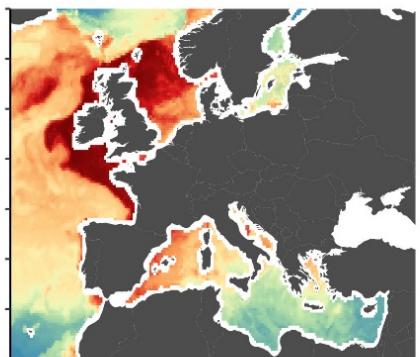
Trachurus_trachurus



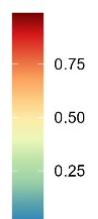
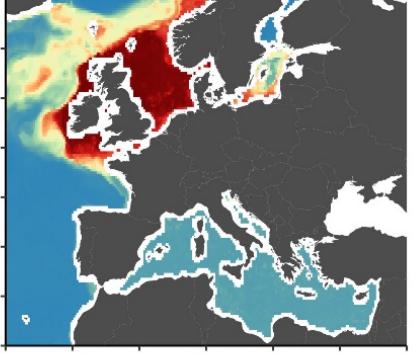
Sprattus_sprattus



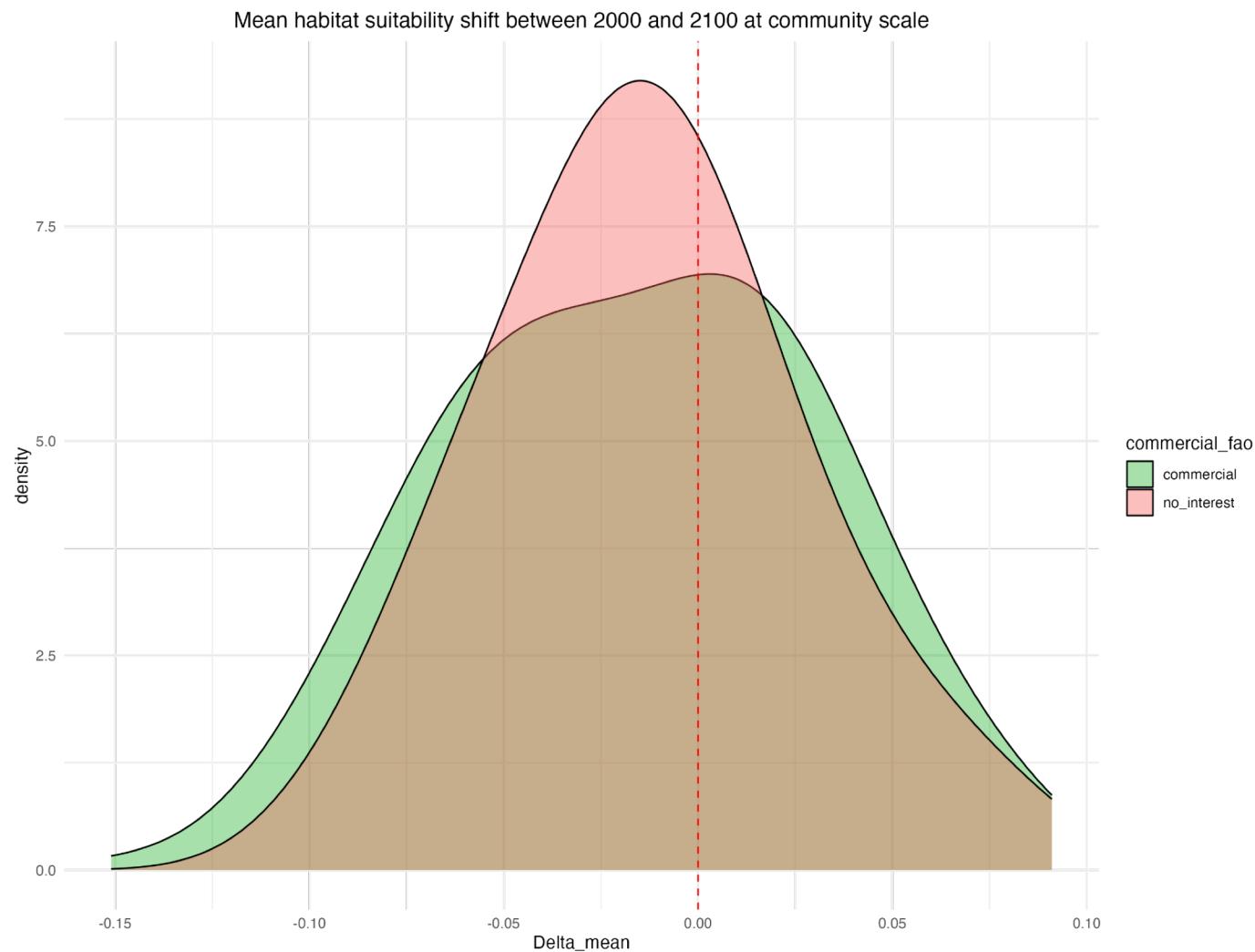
Micromesistius_poutassou



Trisopterus_esmarkii

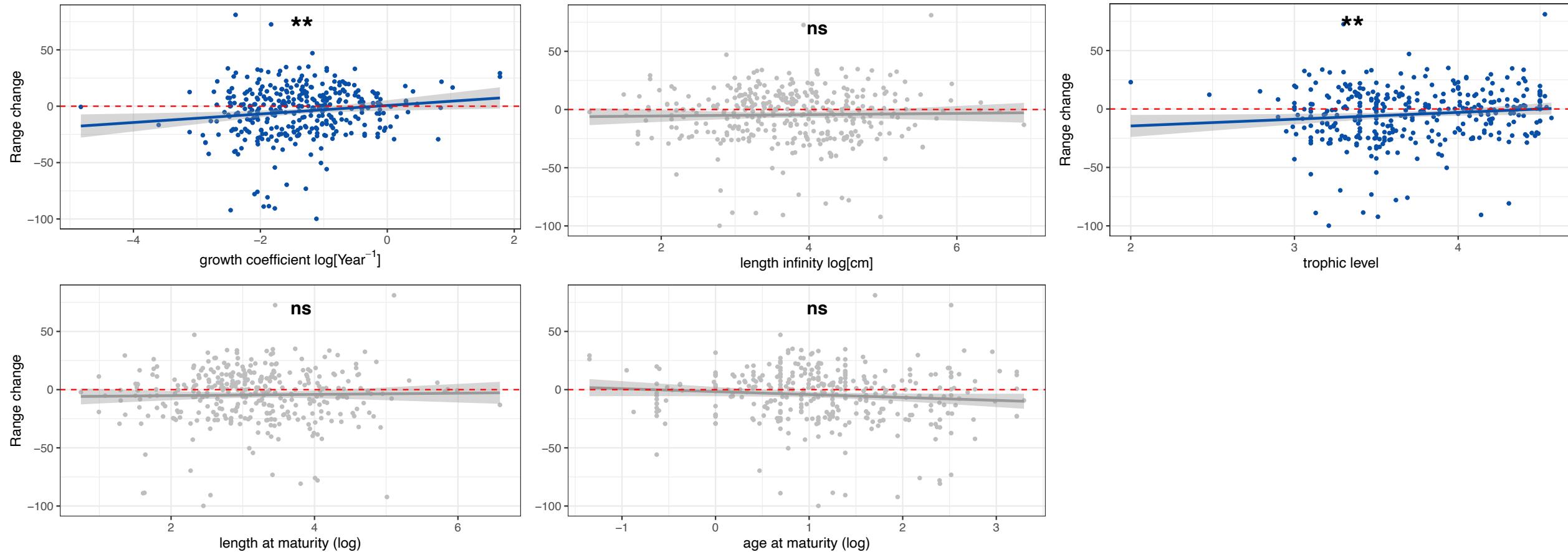


Changement de l'étendue de l'habitat



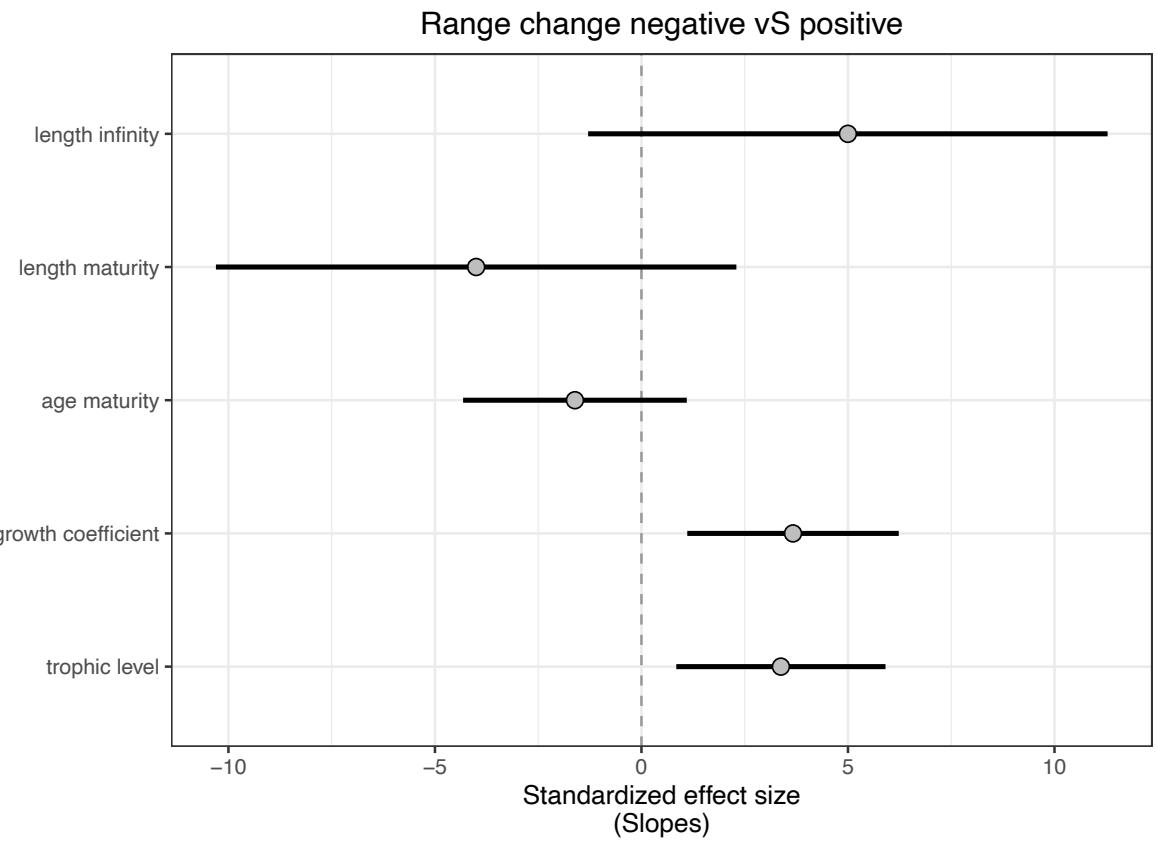
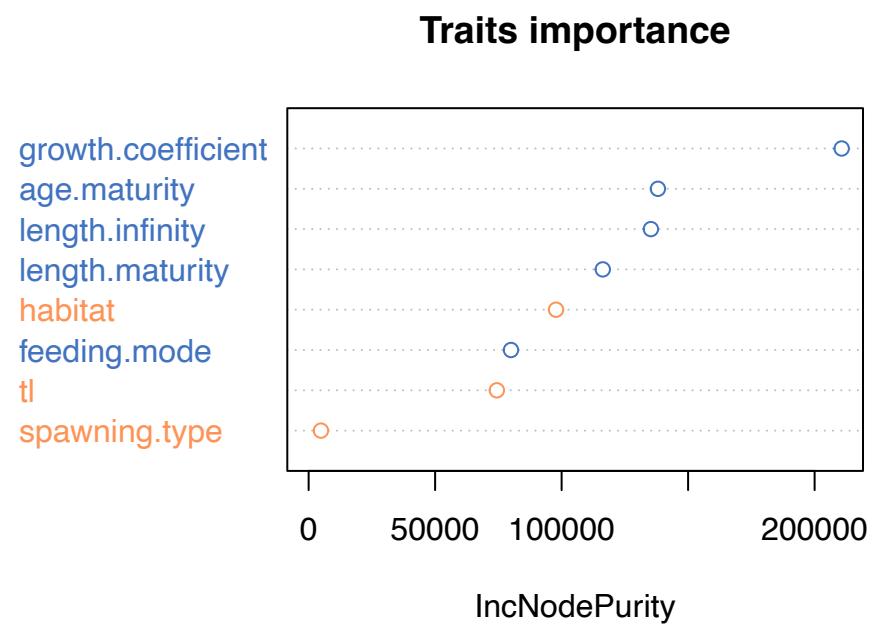
Changement de l'étendue de l'habitat

Relation avec les traits

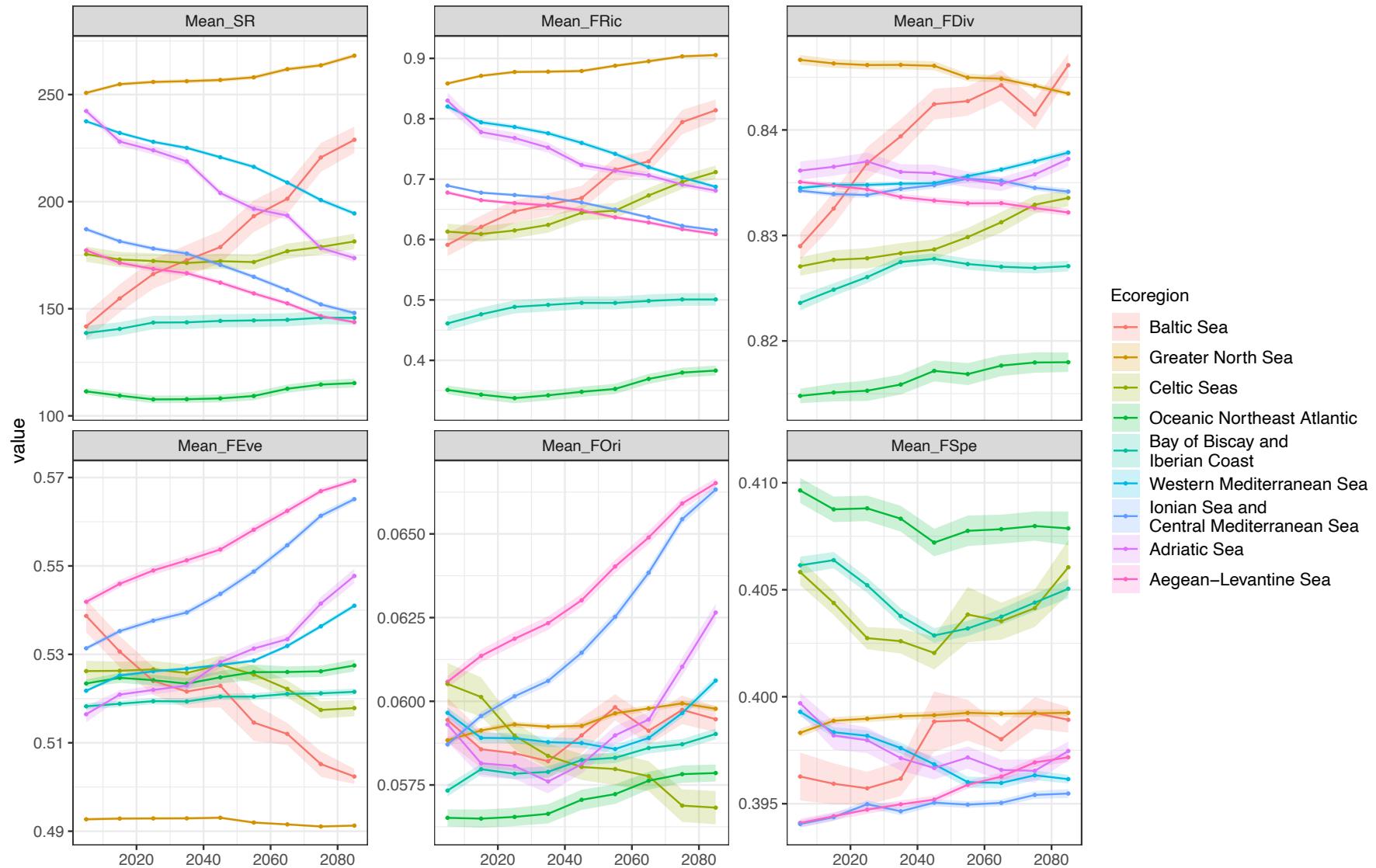


Changement de l'étendue de l'habitat

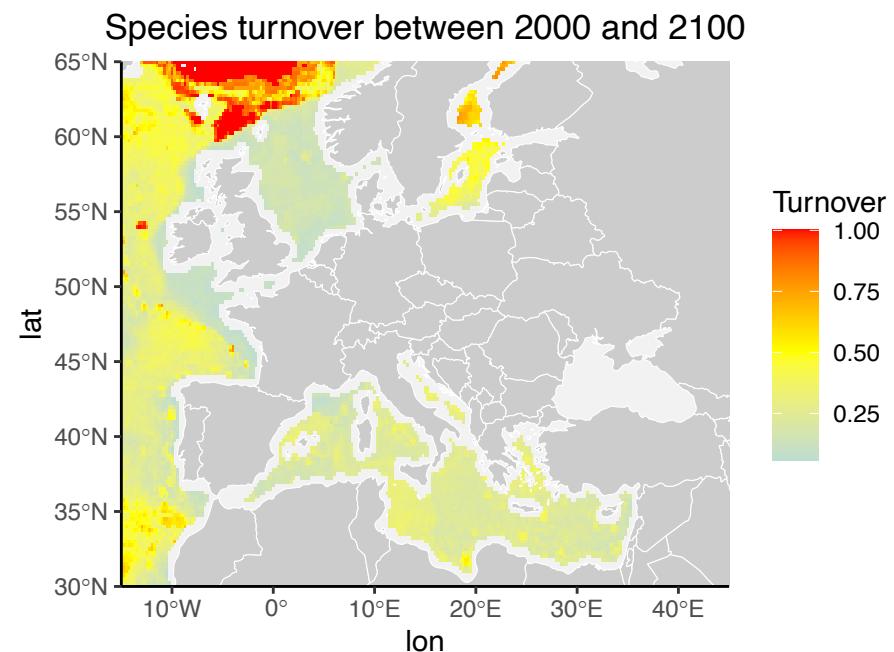
Relation avec les traits



Indices de diversité

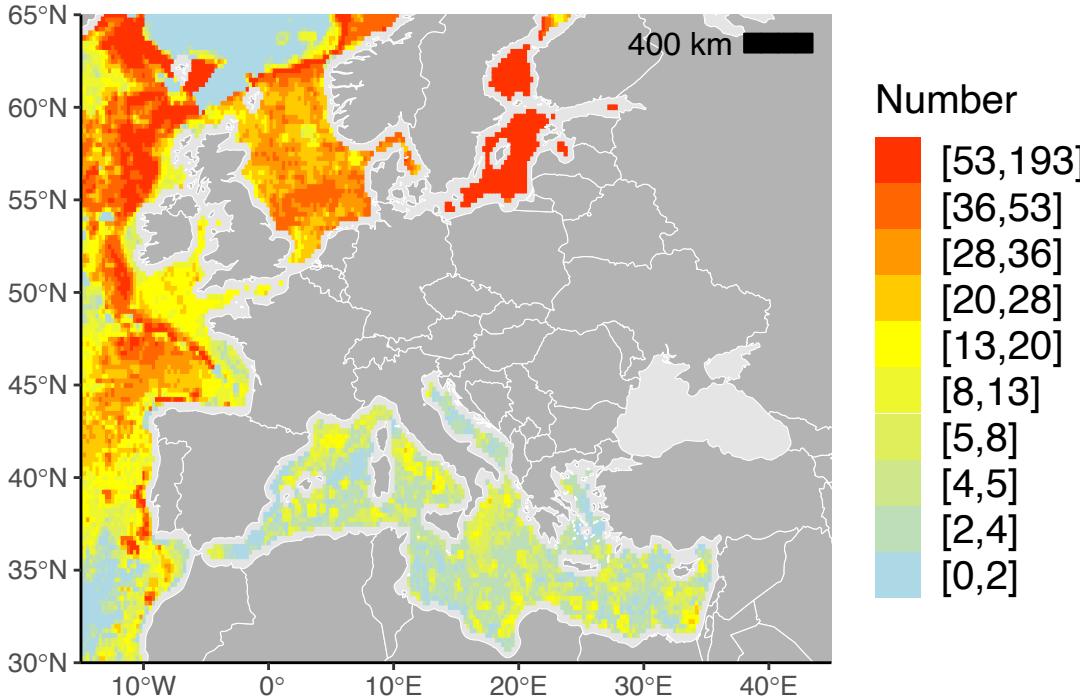


Indice de diversité - Turnover

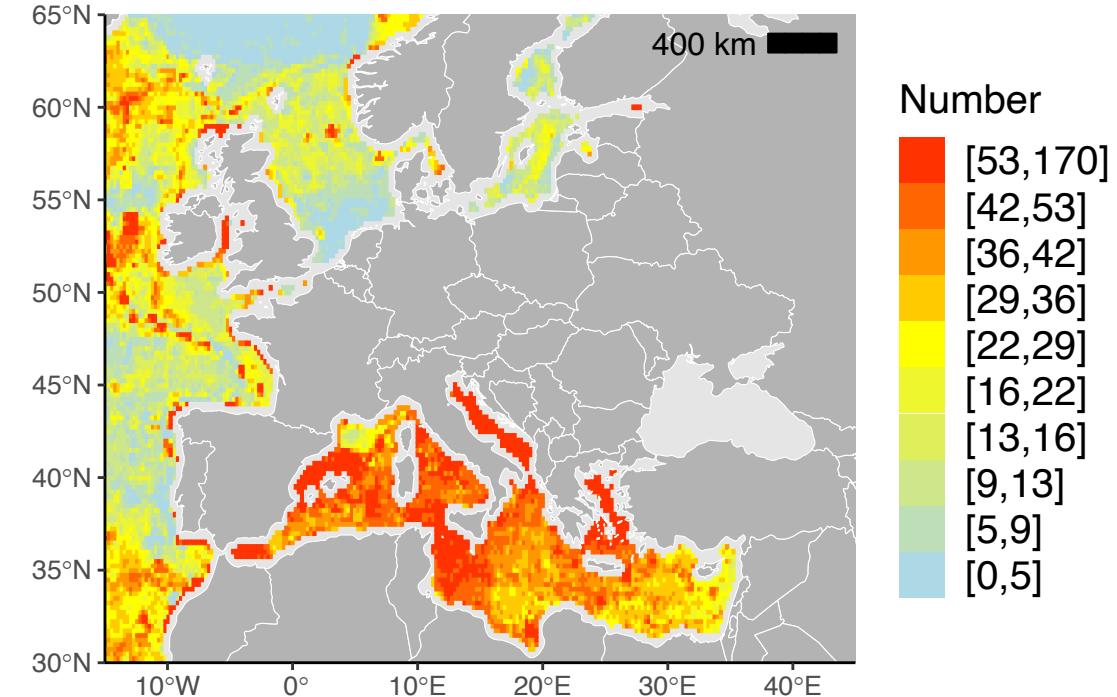


Changement taxonomique

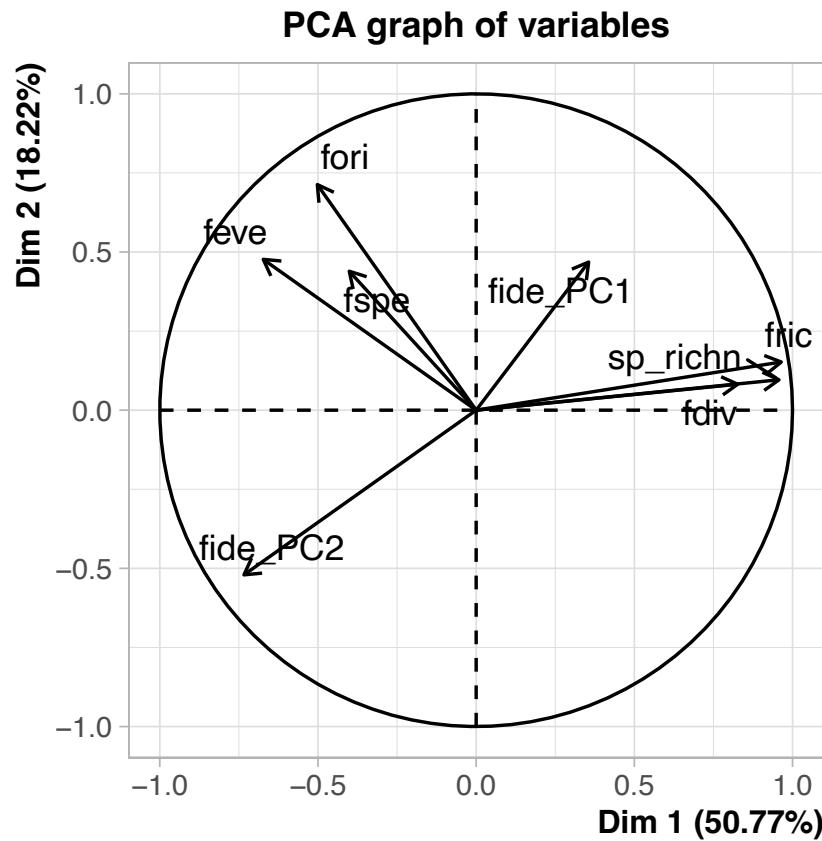
Species gain between 2000 and 2100 (modeled)



Species loss between 2000 and 2100 (modeled)



Indices de diversité



Bathymétrie

