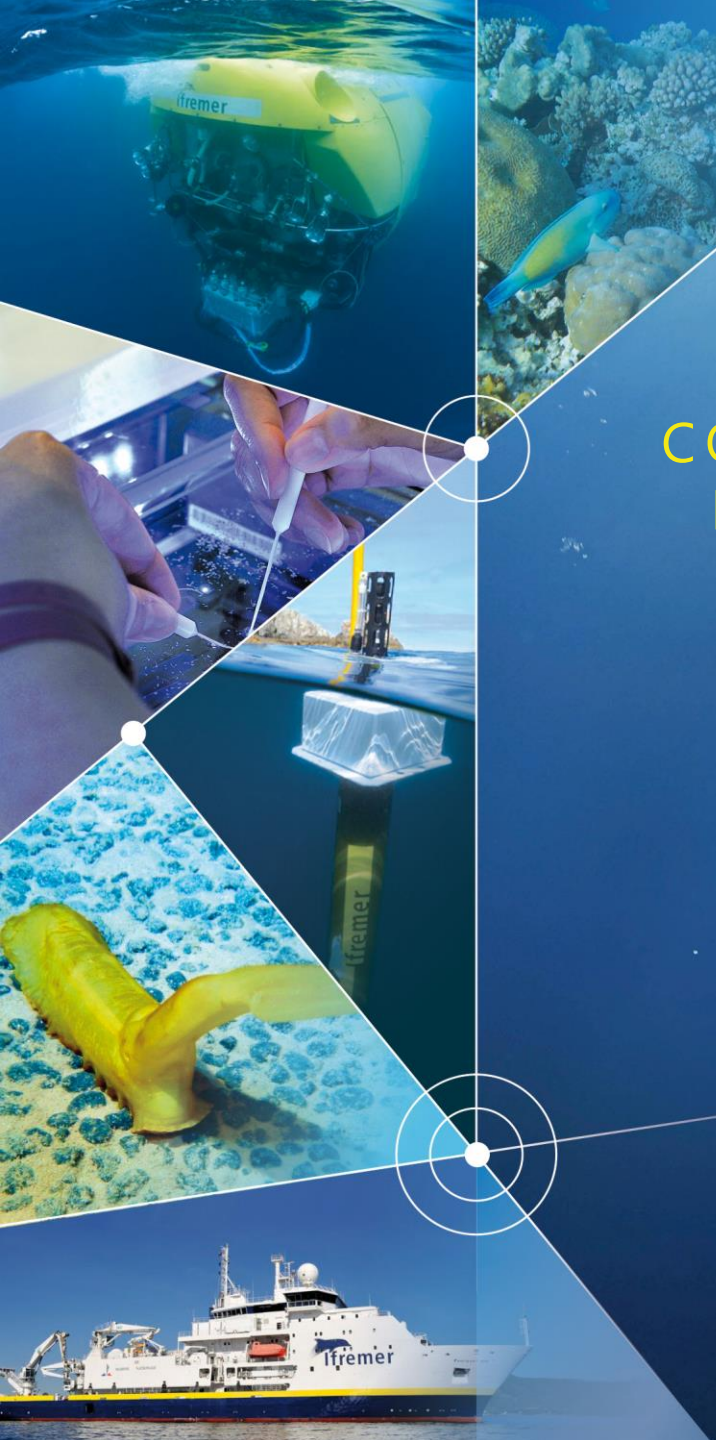


COMMENT EVALUE-T-ON L'ÉTAT DES RÉCIFS À *SABELLARIA ALVEOLATA*

DES SUIVIS REEHAB AUX ÉVALUATIONS DE L'ÉTAT ÉCOLOGIQUE DES RÉCIFS (DCSMM,…)

AURÉLIEN BOYÉ, MARTIN P. MARZLOFF, LAURA BUSH, CÉLINE CORDIER, AMELIA CURD, ANDREW J. DAVIES, LOUISE B. FIRTH, FERNANDO LIMA, CLAUDIA MENEGHESSO, RUI SEABRA, MICKAËL VAZQUEZ, STANISLAS F. DUBOIS

Les récifs à *Sabellaria alveolata* : un habitat dynamique !

- Cycles naturels (Gruet, 1986 ; Firth et al., 2021, 2015)
  - Dégradation d'origine anthropique ?
- Changements pérennes *versus* transitoires ?
  - *Regime shift ?*
- Liens avec les facteurs environnementaux
  - Distribution de l'espèce ?
  - Etat des récifs ?

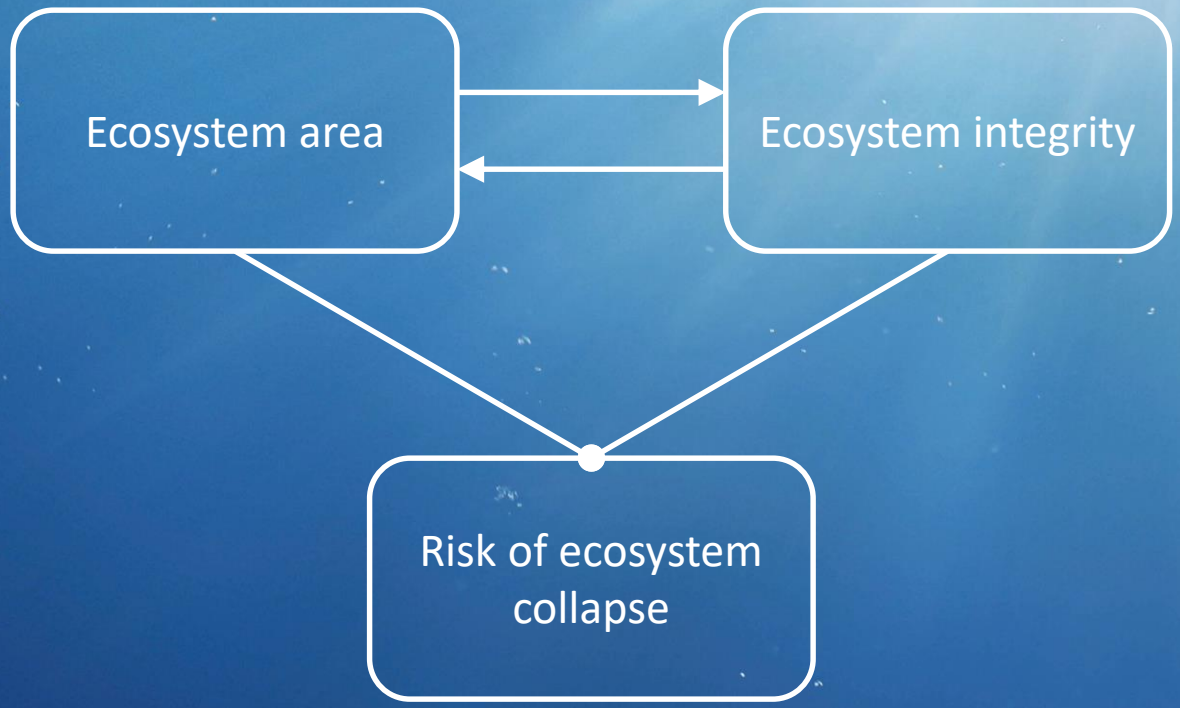
1 an plus tard…

Récif de Douarnenez © S. Dubois

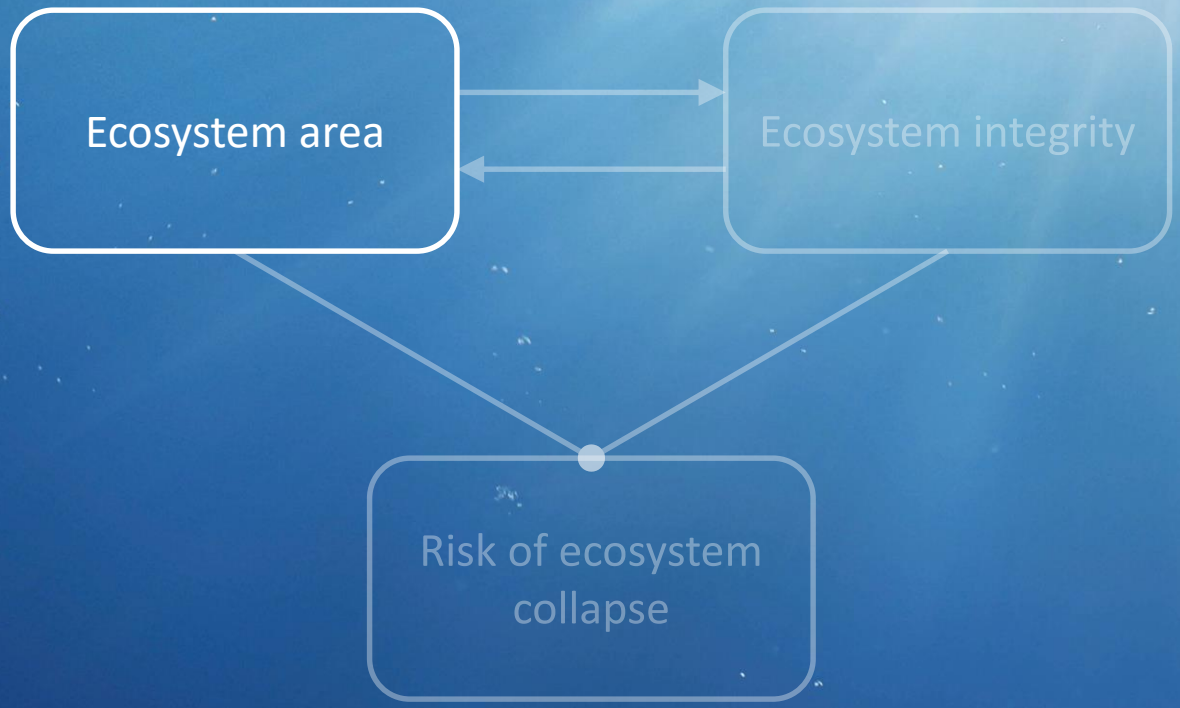
Les récifs à *Sabellaria alveolata* : un habitat dynamique !

- Cycles naturels (Gruet, 1986 ; Firth *et al.*, 2021, 2015)
  - Dégradation d'origine anthropique ?
- Changements pérennes *versus* transitoires ?
  - *Regime shift ?*
- Liens avec les facteurs environnementaux
  - Distribution de l'espèce ?
  - Etat des récifs ?

- Indicateurs ?
  - Des approches locales existent (e.g. Dubois *et al.*, 2004; Desroy *et al.* 2011), mais pas généralisables à l'échelle nationale
  - Etats de référence ?
  - Sensibilité aux variations naturelles ?
- Outils d'anticipation ?

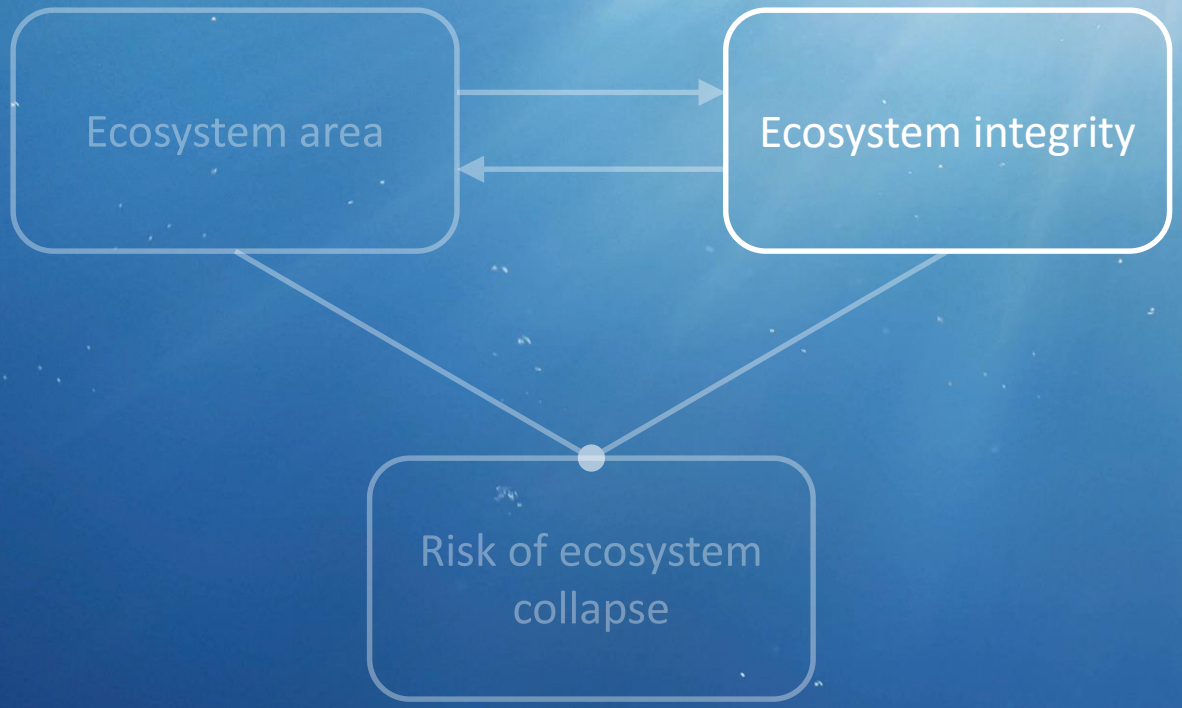


Nicholson *et al.,* 2020 (Nature Ecol. Evol.)



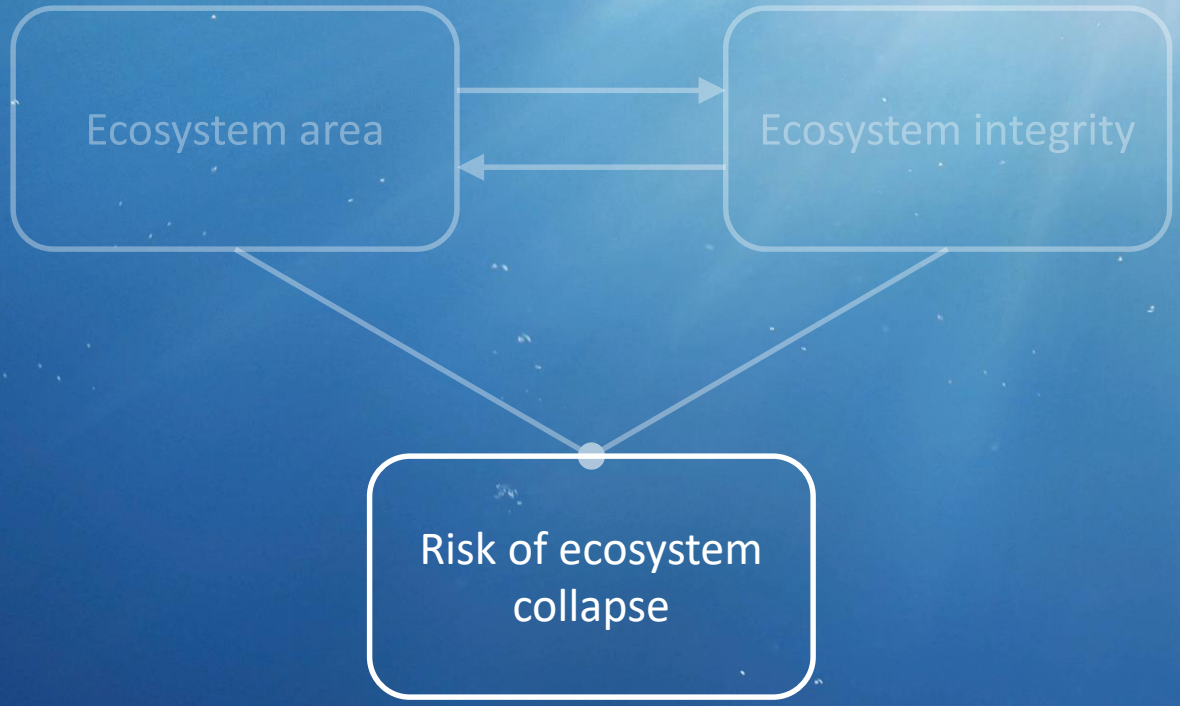
Nicholson *et al.,* 2020 (Nature Ecol. Evol.)

- **A l'échelle de l'Europe**
  - Modèles de distribution de l'espèce (Curd *et al.*, 2020)
  - Modèles de distribution de l'état des récifs (*In prep*)
- **A l'échelle des paysages**
  - Cartographie (SISTER-HOW)



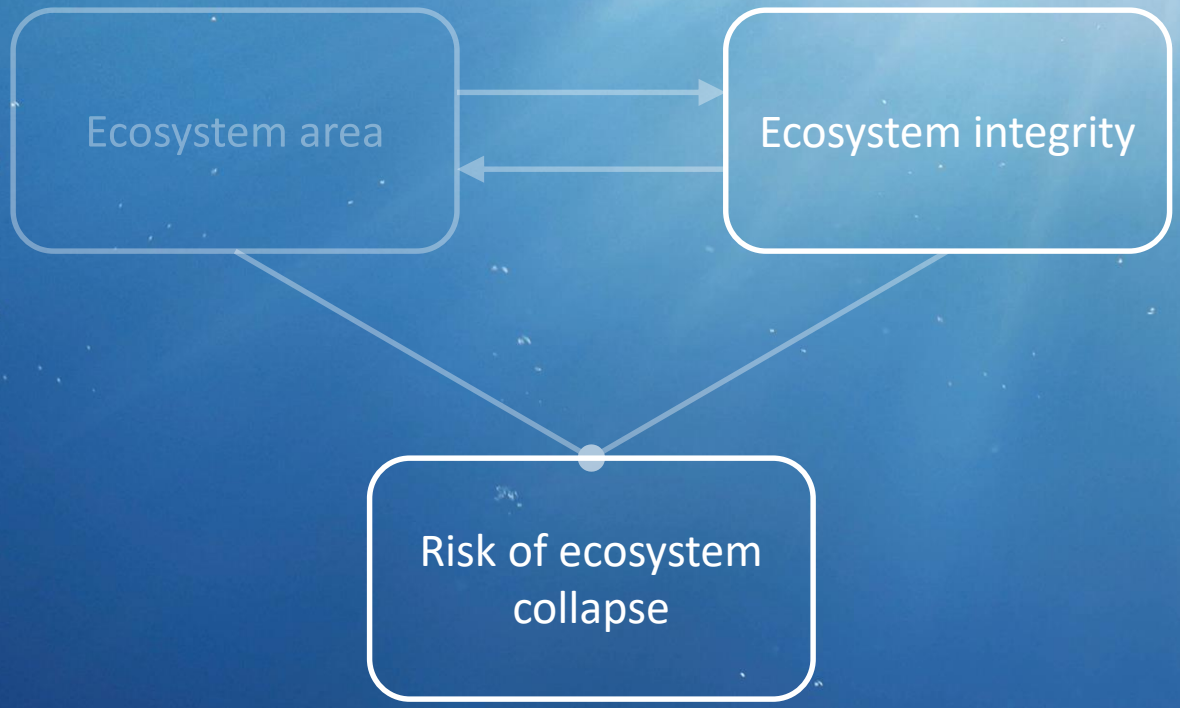
Nicholson *et al.,* 2020 (Nature Ecol. Evol.)

- **Intégrité = état écologique**
  - Composition, structure, fonction ➔ écart à un « état de référence »
- **Approches menées dans REEHAB**
  - Définition des différents états possibles des récifs
  - Modèles de distribution de l'état des récifs ➔ états de référence
  - Indicateurs ➔ tendance de l'état des récifs



Nicholson *et al.,* 2020 (Nature Ecol. Evol.)

- **Modèles de distribution de l'état des récifs**
  - Identification de seuils environnementaux
  - Zones où l'environnement est favorable à différents états alternatifs
- **Modèles prédictifs des transitions entre états**
  - Prédiction à court-terme : anticipation des risques de dégradation et du potentiel de résilience des récifs



Nicholson *et al.,* 2020 (Nature Ecol. Evol.)

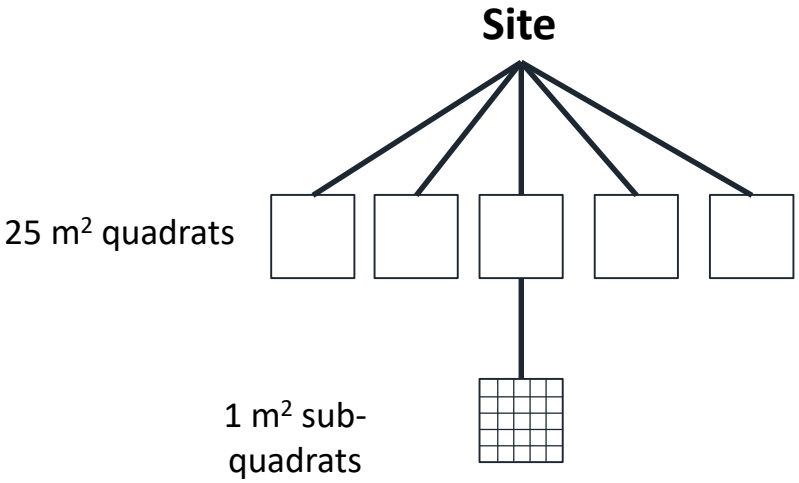
<u>Aujourd'hui</u>
outils exploités pour l'évaluation des récifs dans le cadre de la DCSMM

- Définition des états des récifs
- Tendance temporelle de l'état des récifs
- Modèles prédictifs des transitions entre états

Le protocole de suivi REEHAB

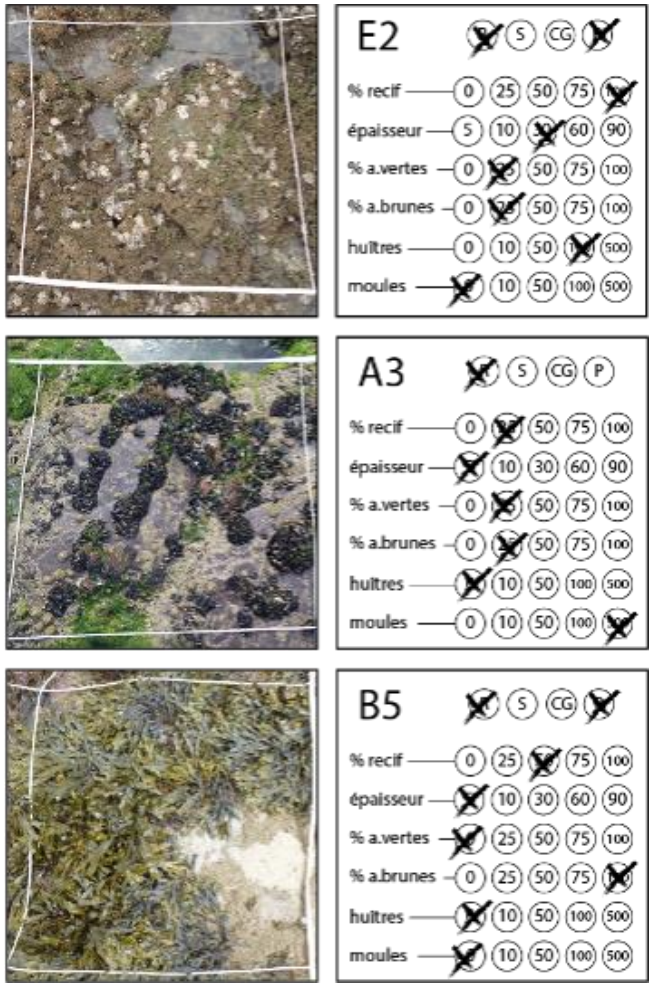
- Suivi rapide
- Peu couteux (humain et matériel)
- Peu d'expertise nécessaire

➢ **Applicable fréquemment et à large échelle**



Le protocole de suivi REEHAB

- Classes ➔ limite la variabilité inter-opérateur
- Notation de la valeur supérieure ➔ « 0 » = vrai absences



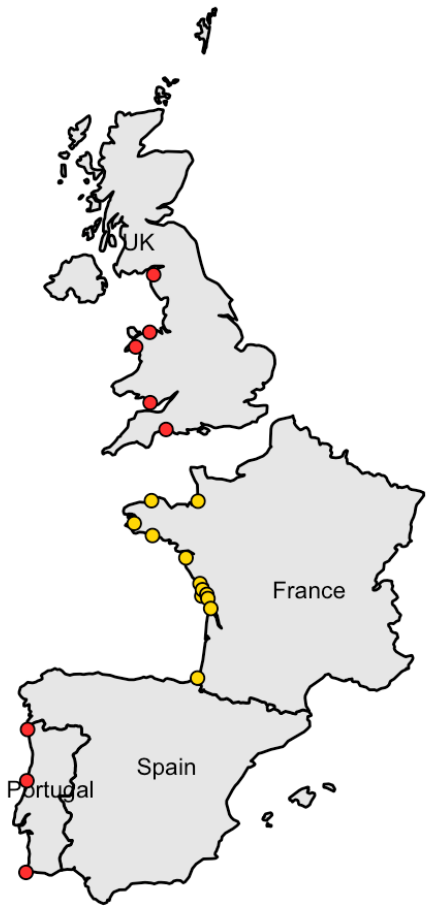
Le protocole de suivi REEHAB

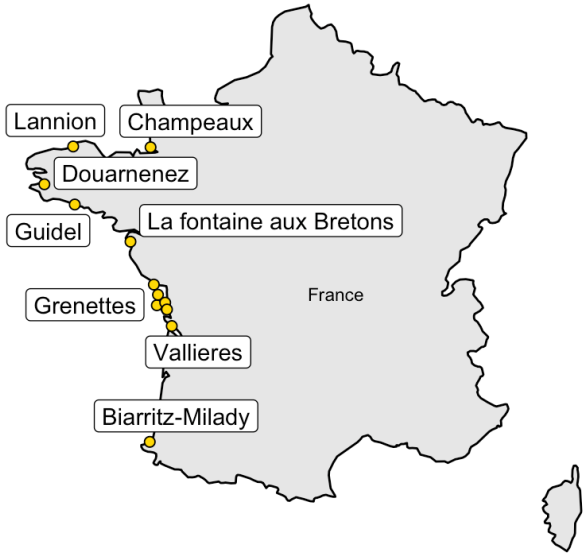
20 sites de suivi

- 12 en France + 8 UK & Portugal

Suivi biannuel (été et hiver)

- Depuis l'été 2016 pour les premiers sites
- Densification du réseau FR à l'été 2019/hiver 2020
- Arrêt des sites UK & Portugal à l'été 2018

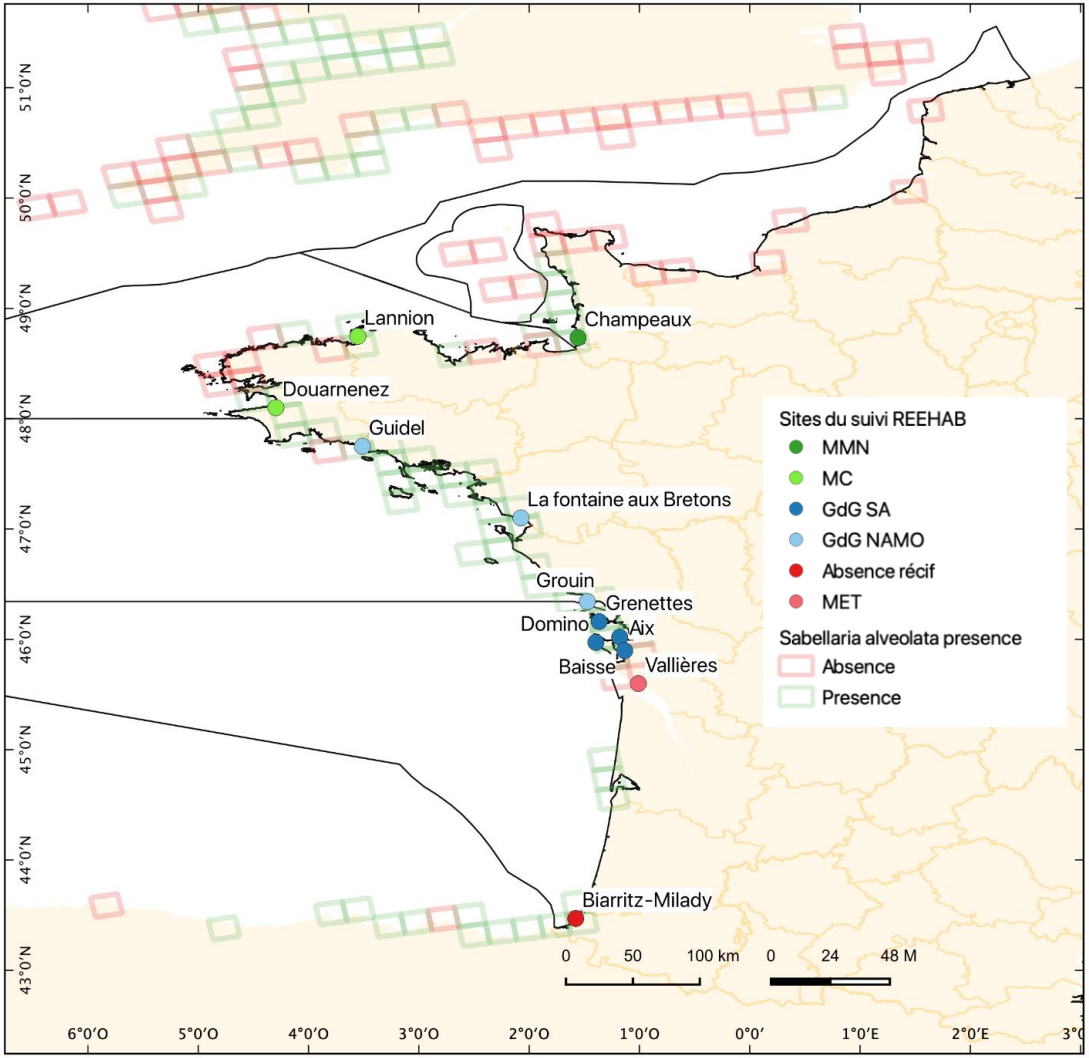




Le protocole de suivi REEHAB

Un suivi représentatif :

- de la distribution de *Sabellaria alveolata*

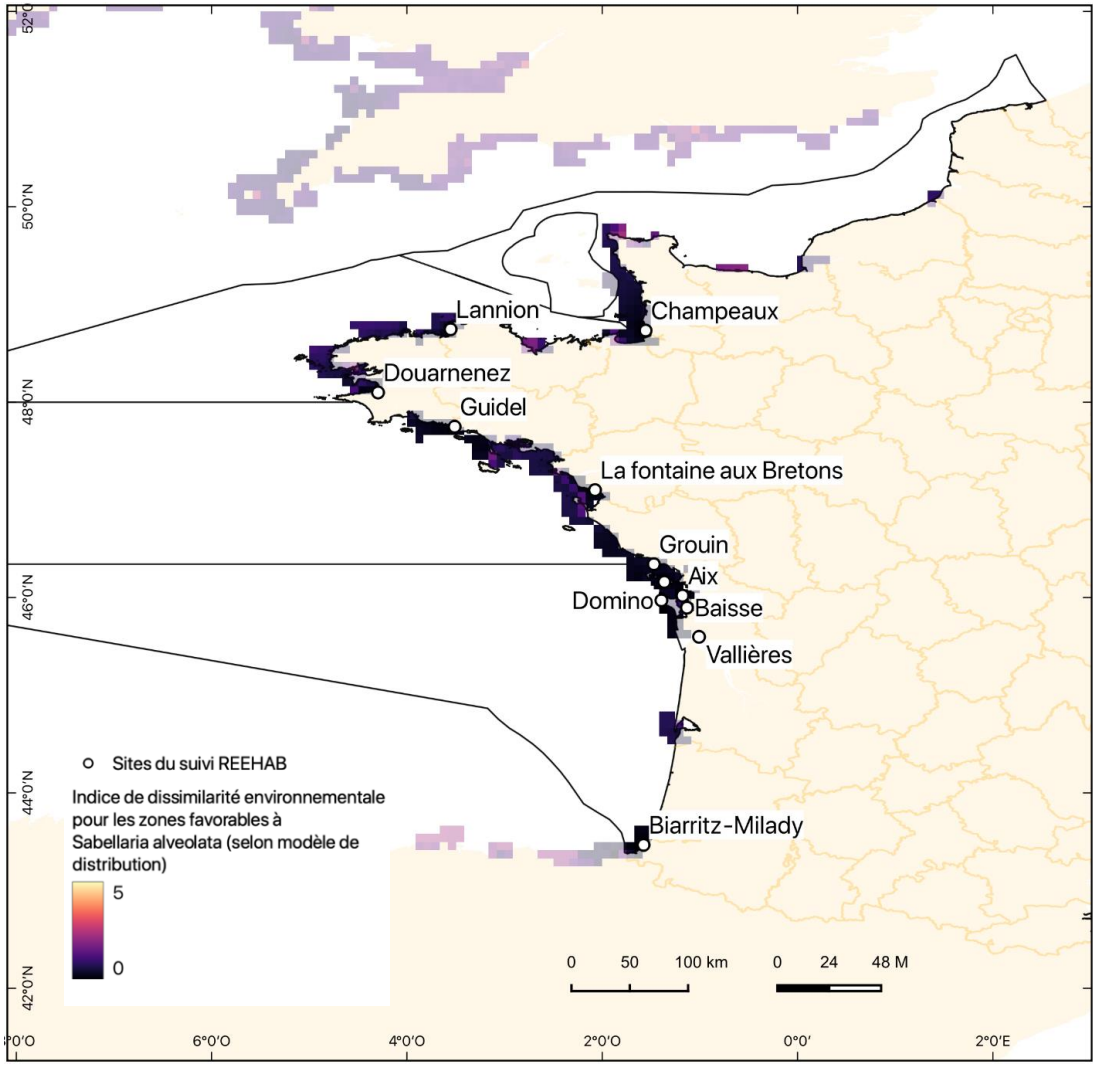


Le protocole de suivi REEHAB

Un suivi représentatif :

- de la distribution de *Sabellaria alveolata*
- des environnements favorables à son développement

Sea T°C (mean and sd) | Current velocity (mean) | Salinity (mean and sd) | Wind exposure | SPIM concentration

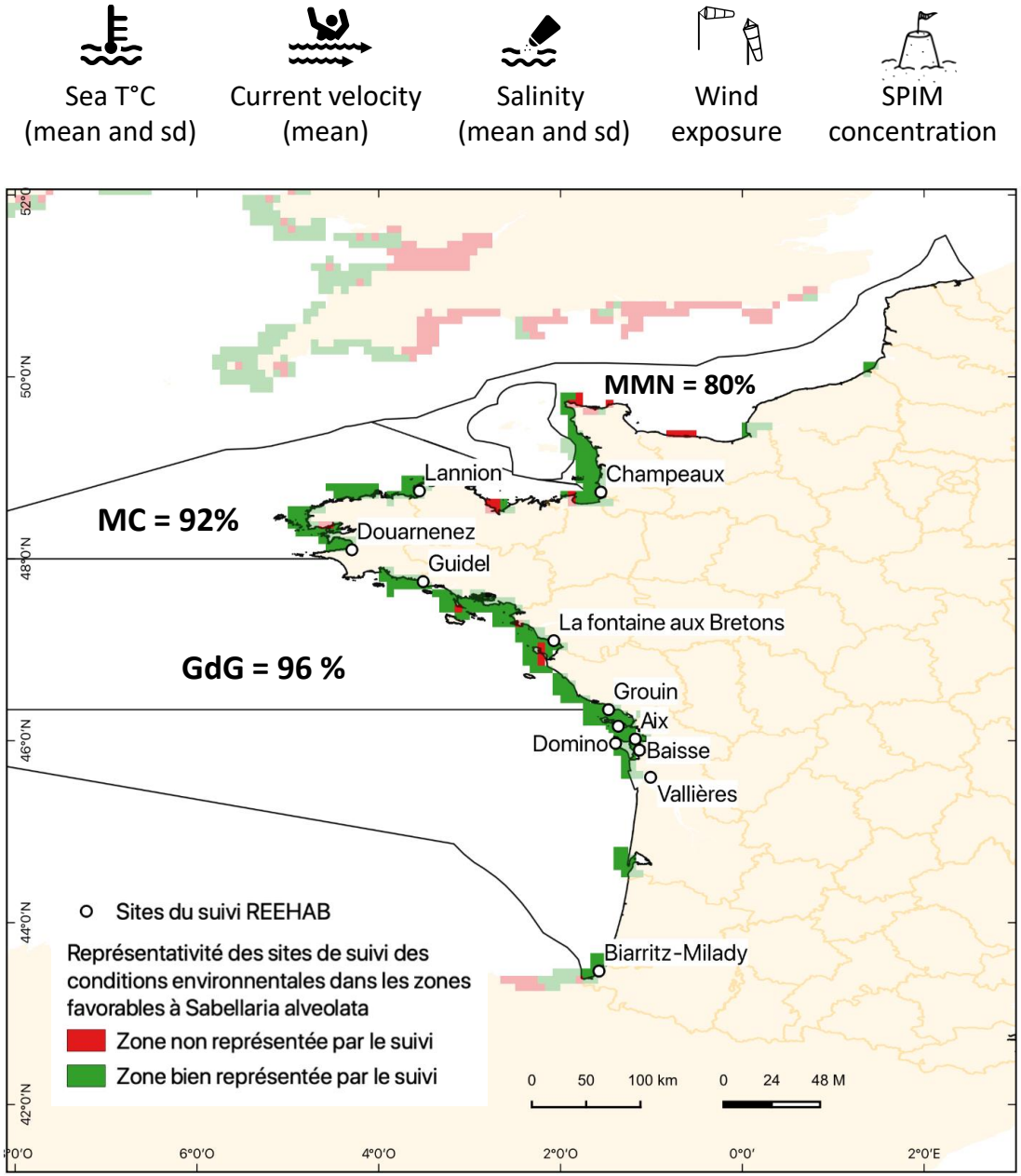


Meyer & Pebersma (2021)
Methods in Ecology and Evolution

Le protocole de suivi REEHAB

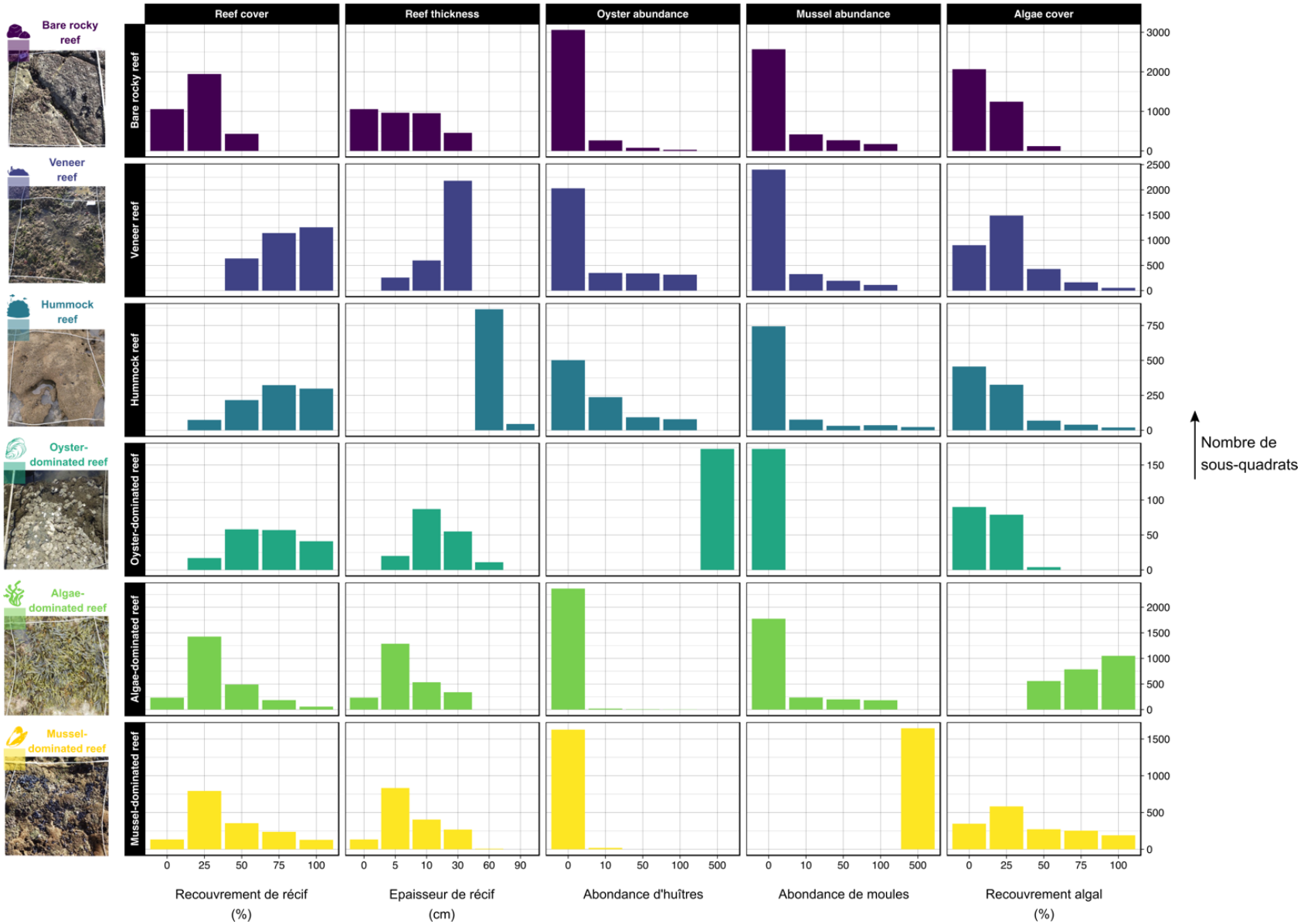
Un suivi représentatif :

- de la distribution de *Sabellaria alveolata*
- des environnements favorables à son développement
- des états possibles des récifs ?



Meyer & Pebersma (2021)
Methods in Ecology and Evolution

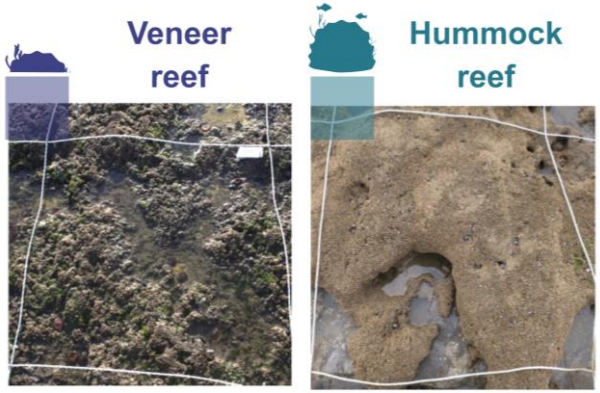
Classification des états des récifs



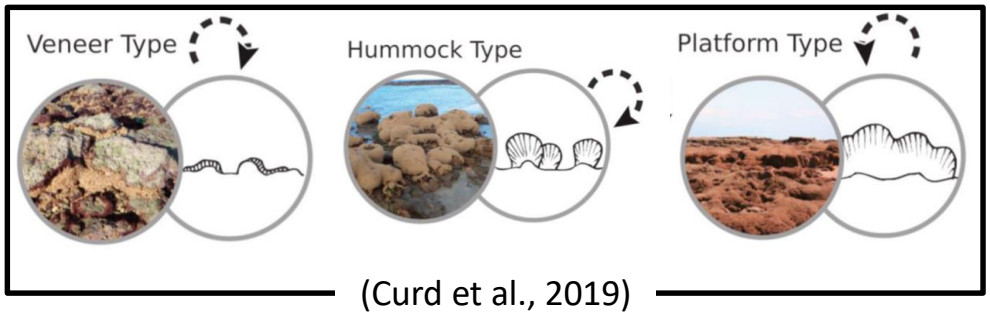
Méthode : *k-means* à l'échelle des sous-quadrats
Nombre de groupe : critère de Caliński & Harabasz (1974)

Classification des états des récifs

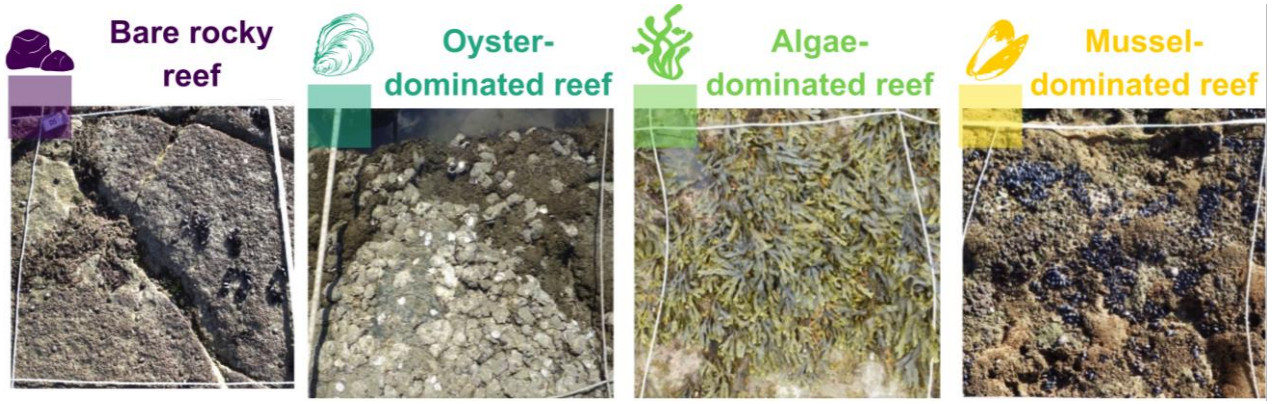
Une classification objective, qui colle avec nos connaissances empiriques



REEF (récif)

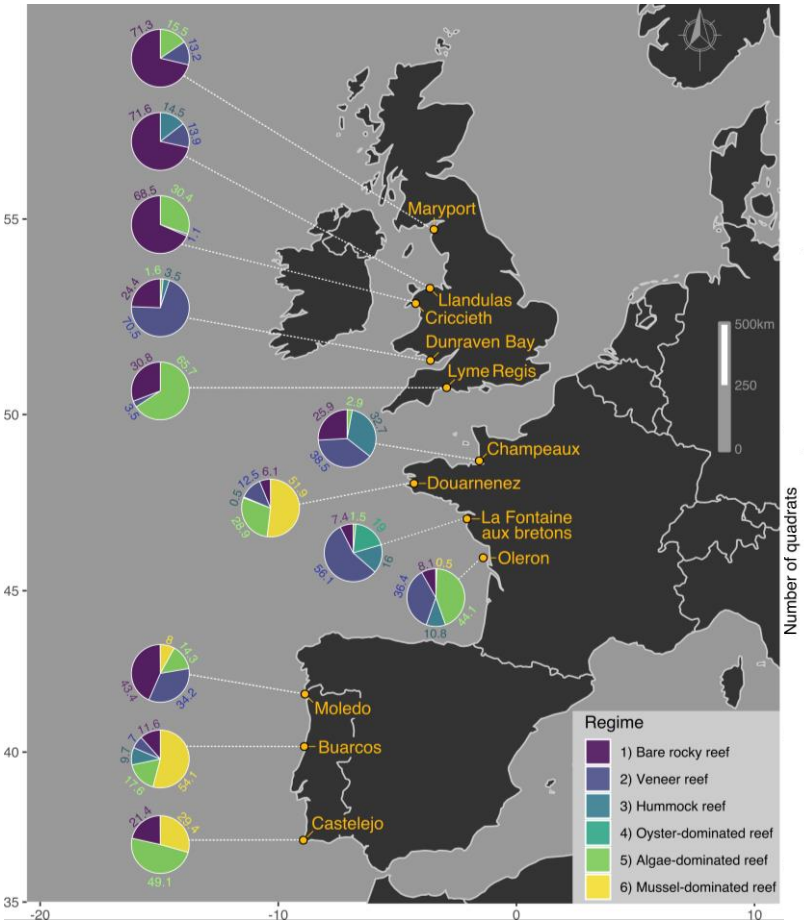


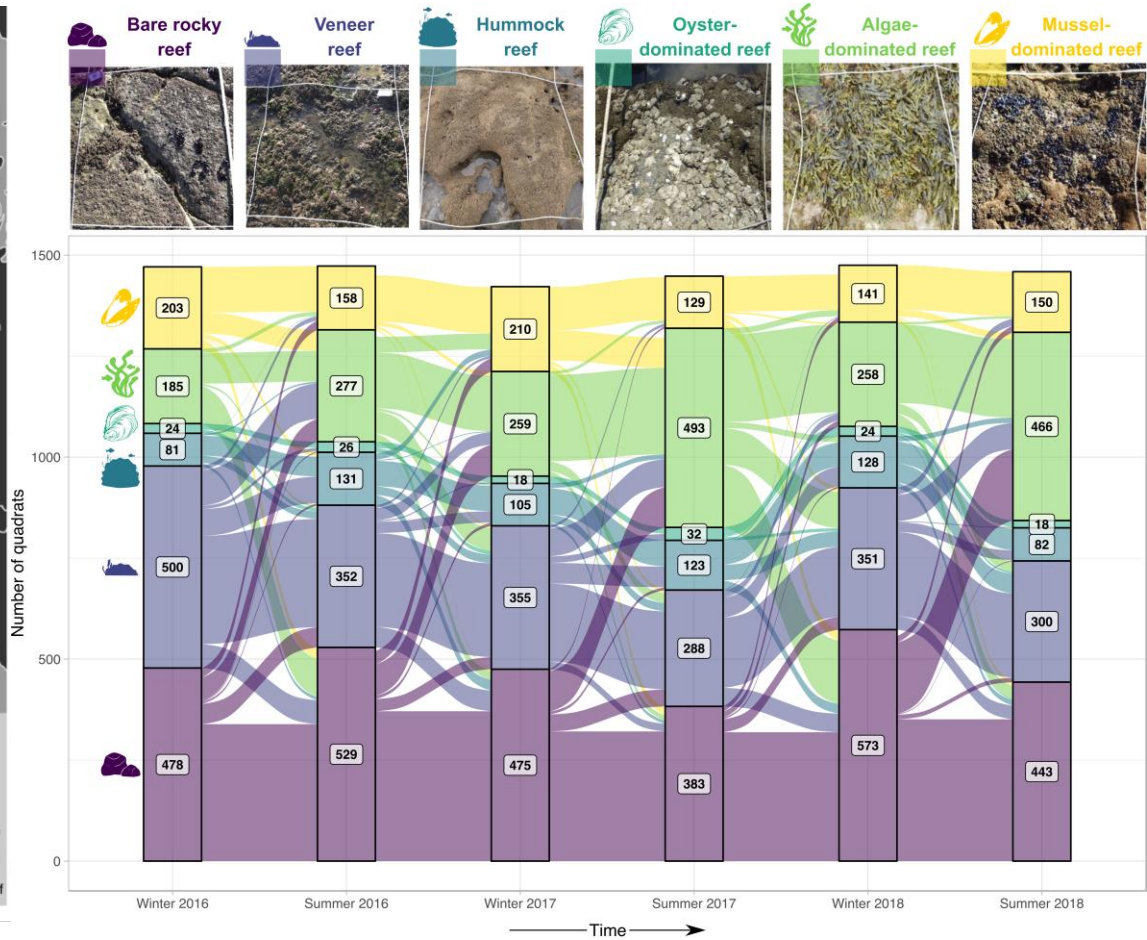
(Curd et al., 2019)



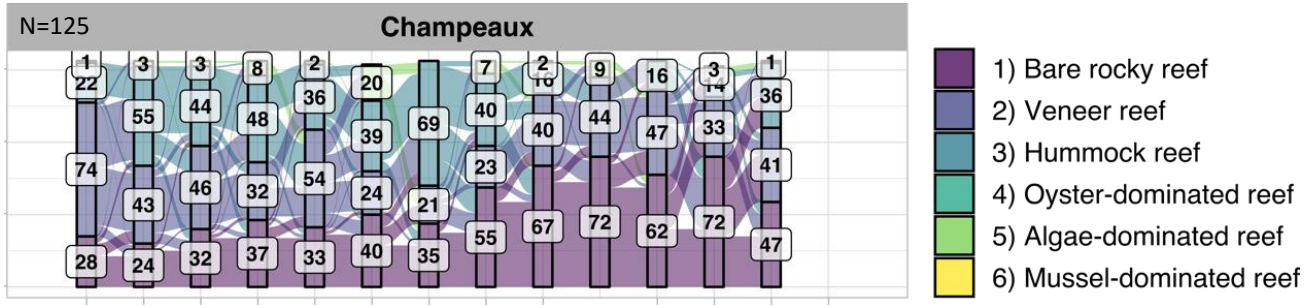
BAMO (autres)

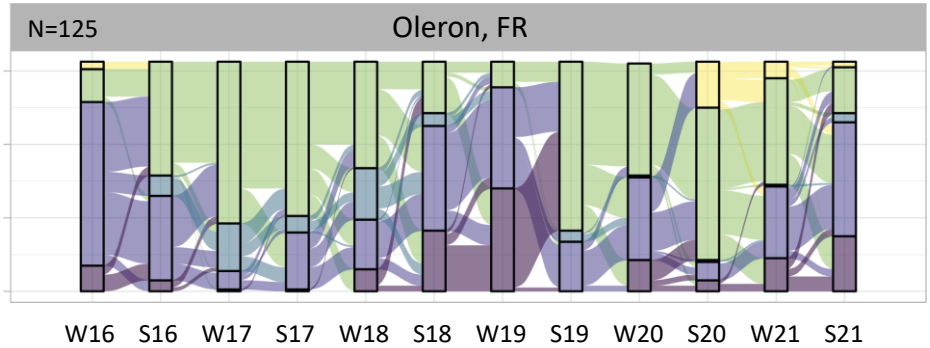
Un *template* pour étudier la variabilité de l'état des récifs dans l'espace et dans le temps

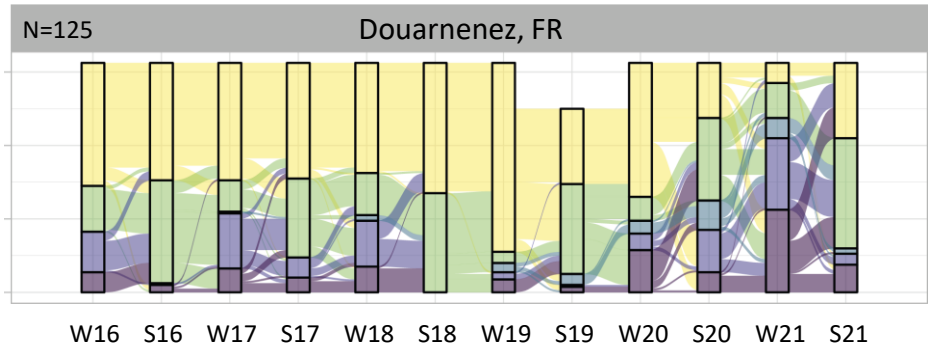




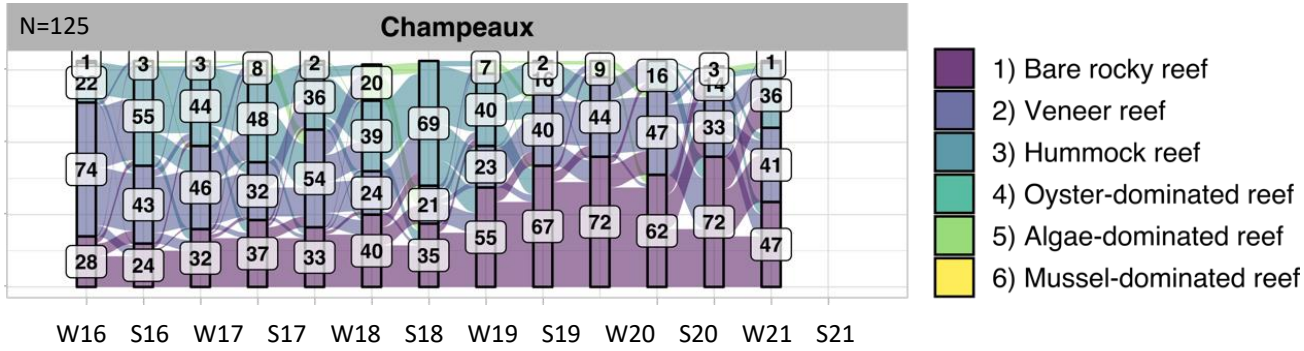
Un *template* pour étudier la variabilité de l'état des récifs dans l'espace et dans le temps





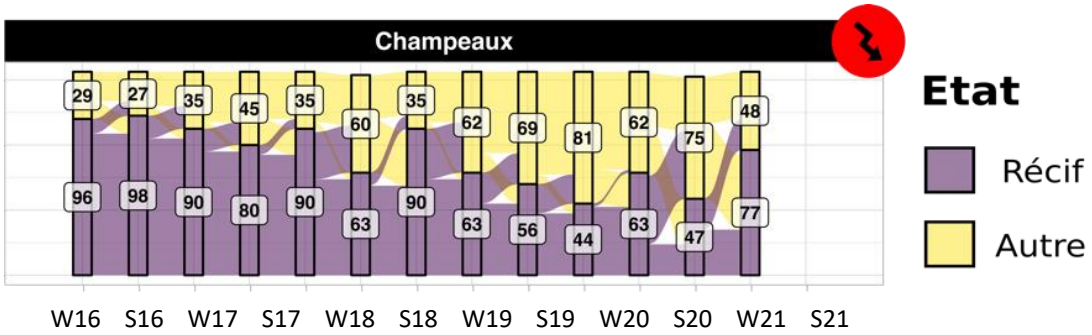


Un *template* pour étudier la variabilité de l'état des récifs dans l'espace et dans le temps

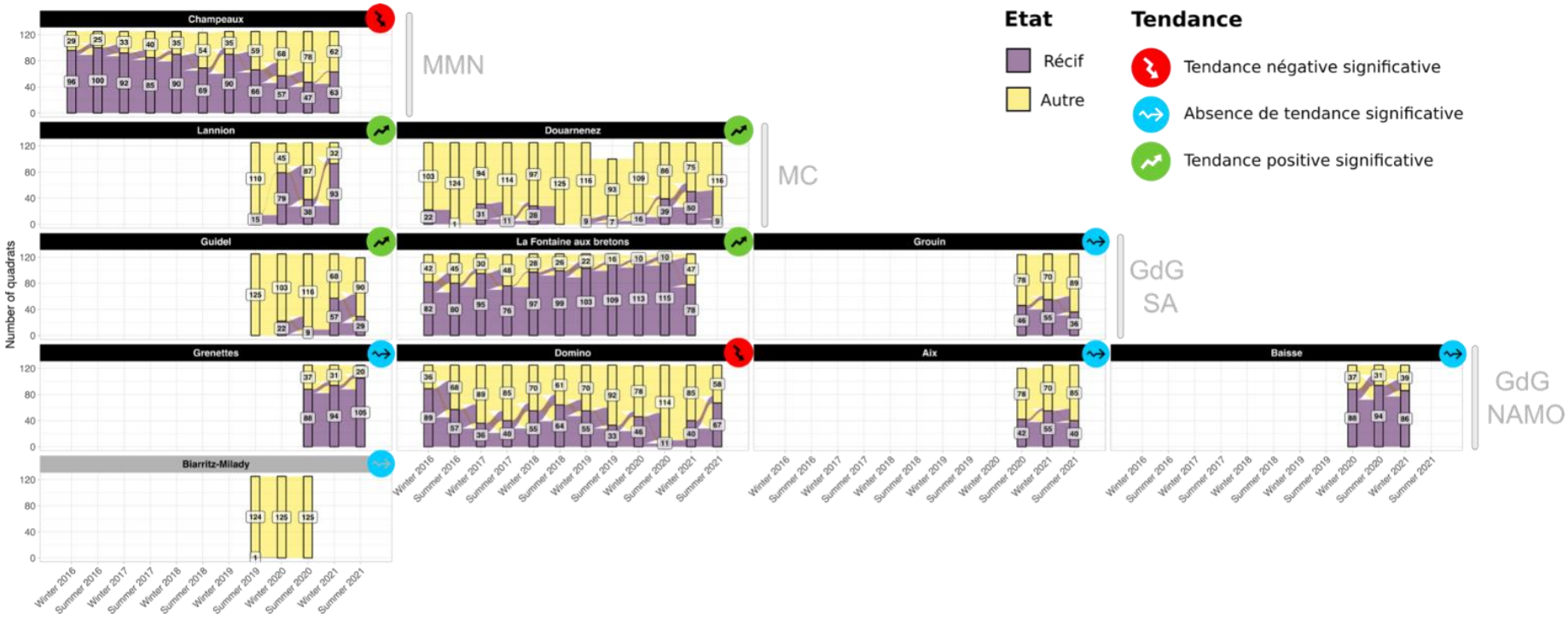


Méthode: tests non-paramétriques de Cochrane-Armitage sur les états « aggrégés »

- Tendance linéaire seulement
- Objectif de gestion : les récifs à *Sabellaria alveolata*

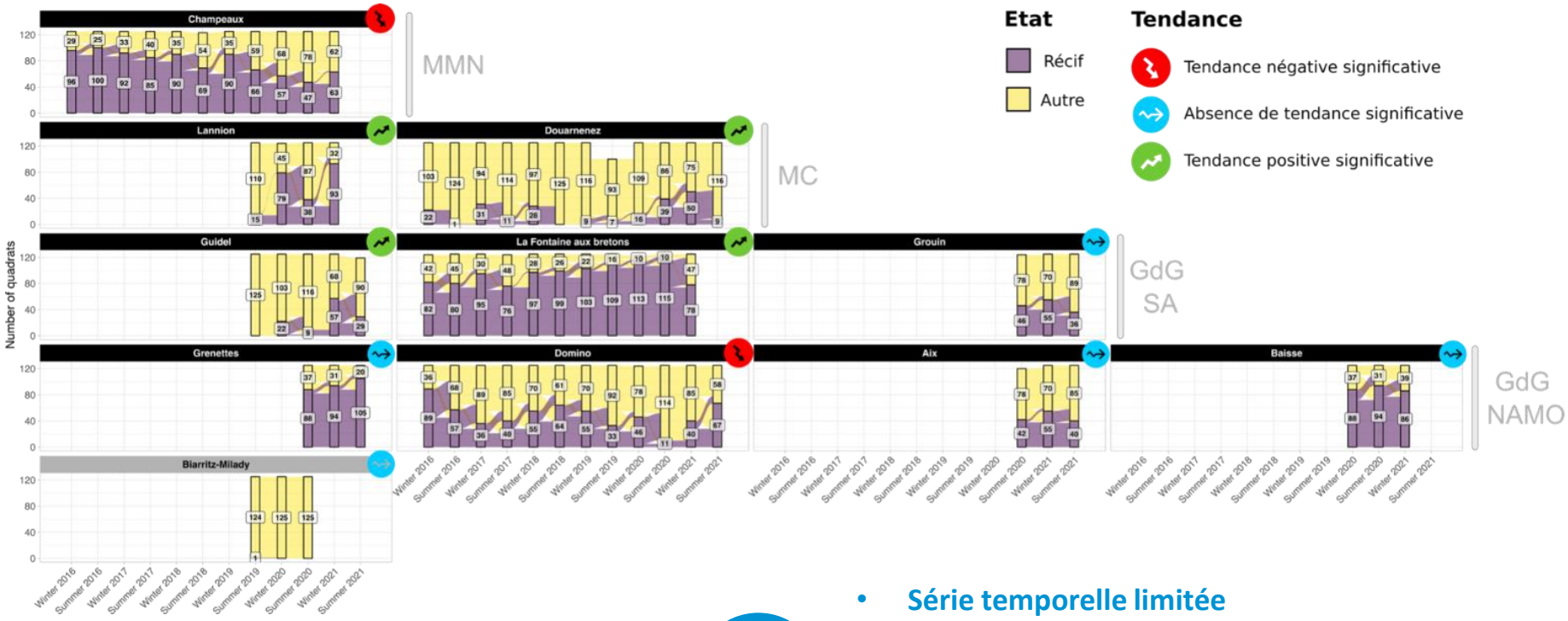


Un outil d'évaluation…



Un outil d'évaluation…

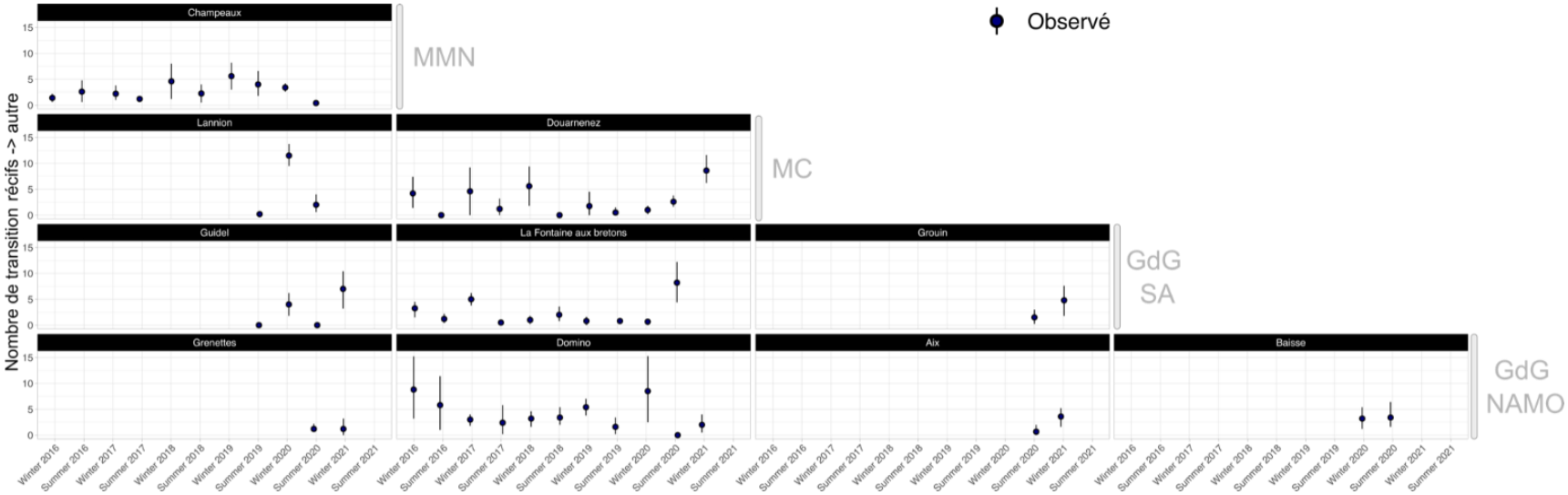
avec ses limites !



- **Série temporelle limitée**
- **Dynamiques erratiques**
- **Disparition lors du dernier suivi**

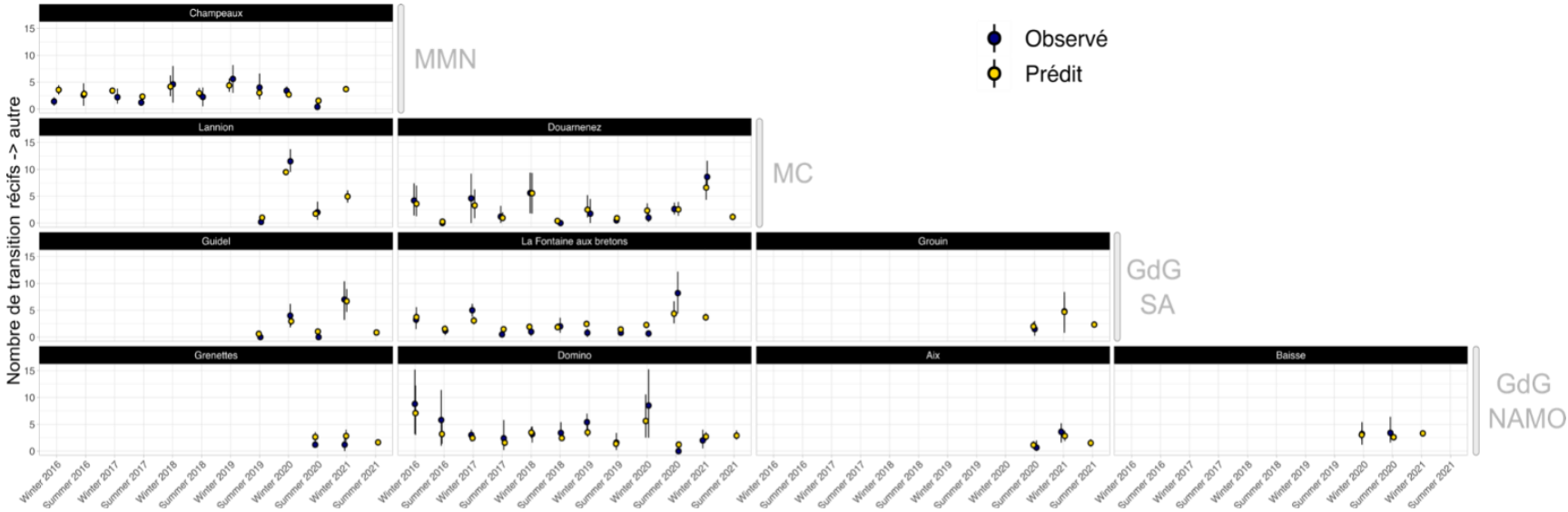
Besoin d'un outil d'anticipation

Dégradation observée et risque à court-terme



Besoin d'un outil d'anticipation

Dégradation observée et risque à court-terme

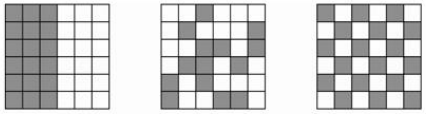


Modèle de prédiction à court-terme des probabilités de transitions entre états

Variables brutes :

- Pourcentage de couverture de récif
- Hauteur du récif
- Pourcentage de couverture d'algues (maximum entre algues brunes/rouges et vertes)
- Abondance de moules
- Abondance d'huitres

Early warning signals (EWS) :
Moyenne, Skewness, Moran'I, Variance



Nombre de transitions ~ **EWS** + **Saison (été/hiver)**

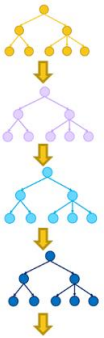
Prédiction du nombre de sous-quadrats susceptible de changer d'état d'ici 6 mois (distribution de Poisson)

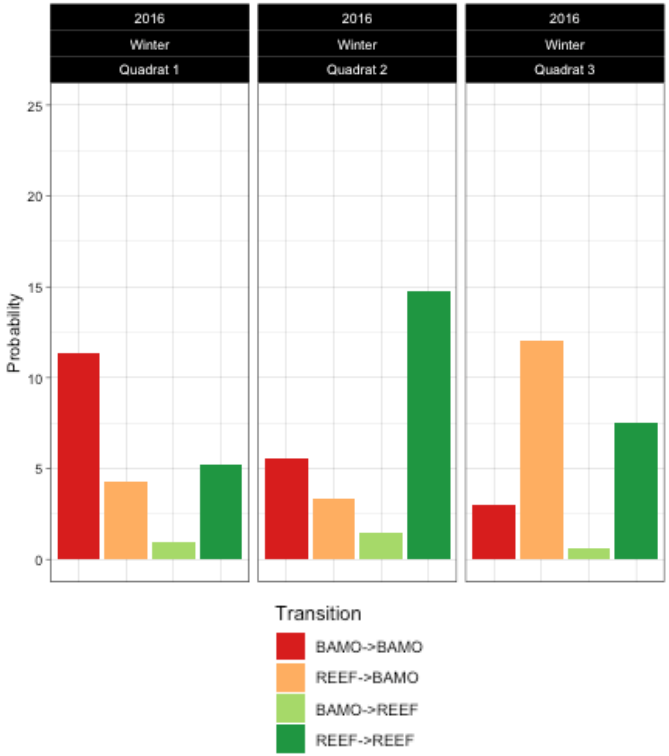
Modèle optimisé (multivariate boosted regression tree model)

Prises en compte des probabilités de changement différentes selon la saison

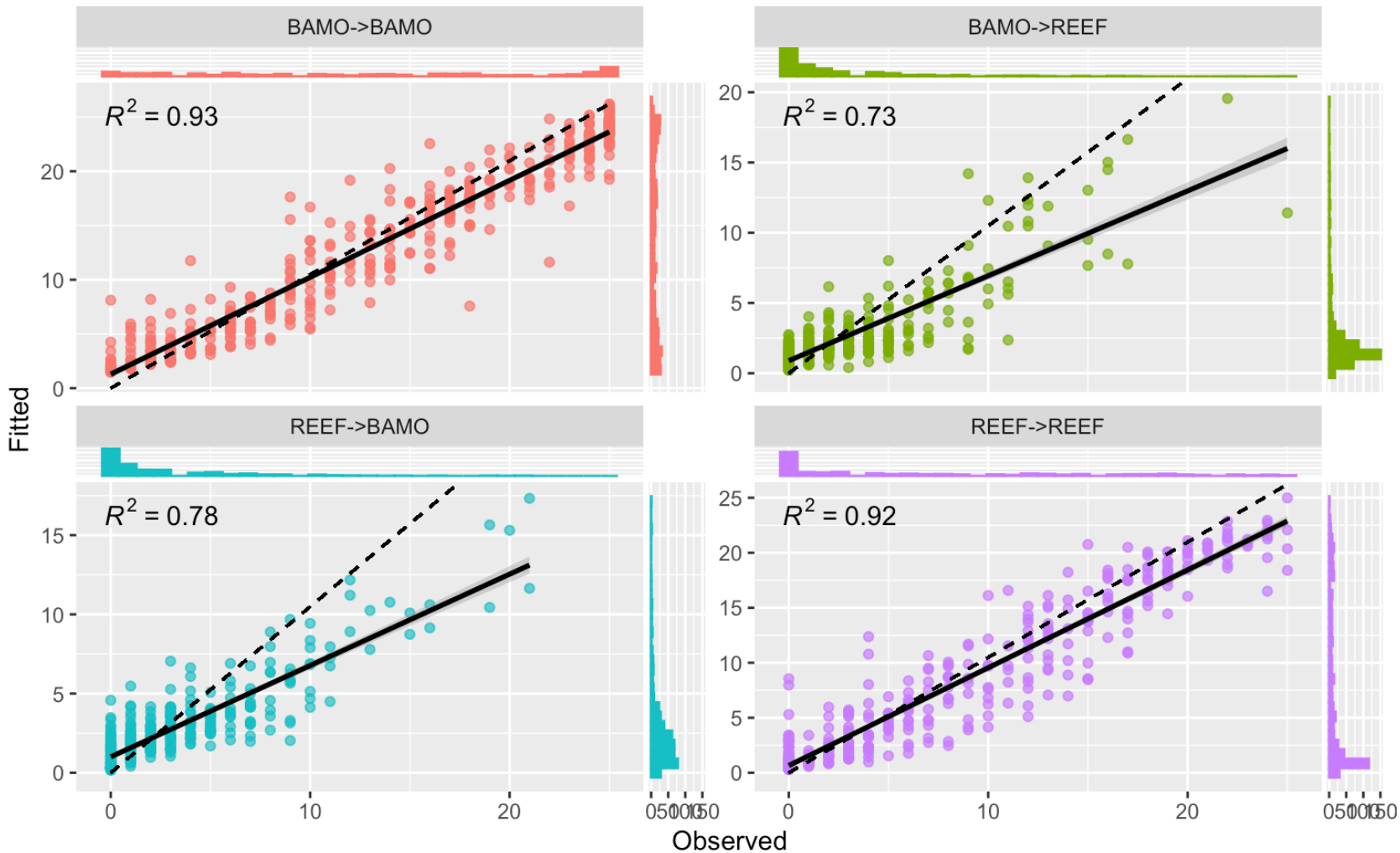
Modèle de prédiction à court-terme des probabilités de transitions entre états

Trained models + **Observed data** → **Expected probability of transition**





Modèle de prédiction à court-terme des probabilités de transitions entre états



Modèle de prédiction à court-terme des probabilités de transitions entre états

Bilan

Prometteur sur le jeu de données d'entrainement

S'améliorera avec l'accumulation des données

Robustesse des prédictions et seuils ?

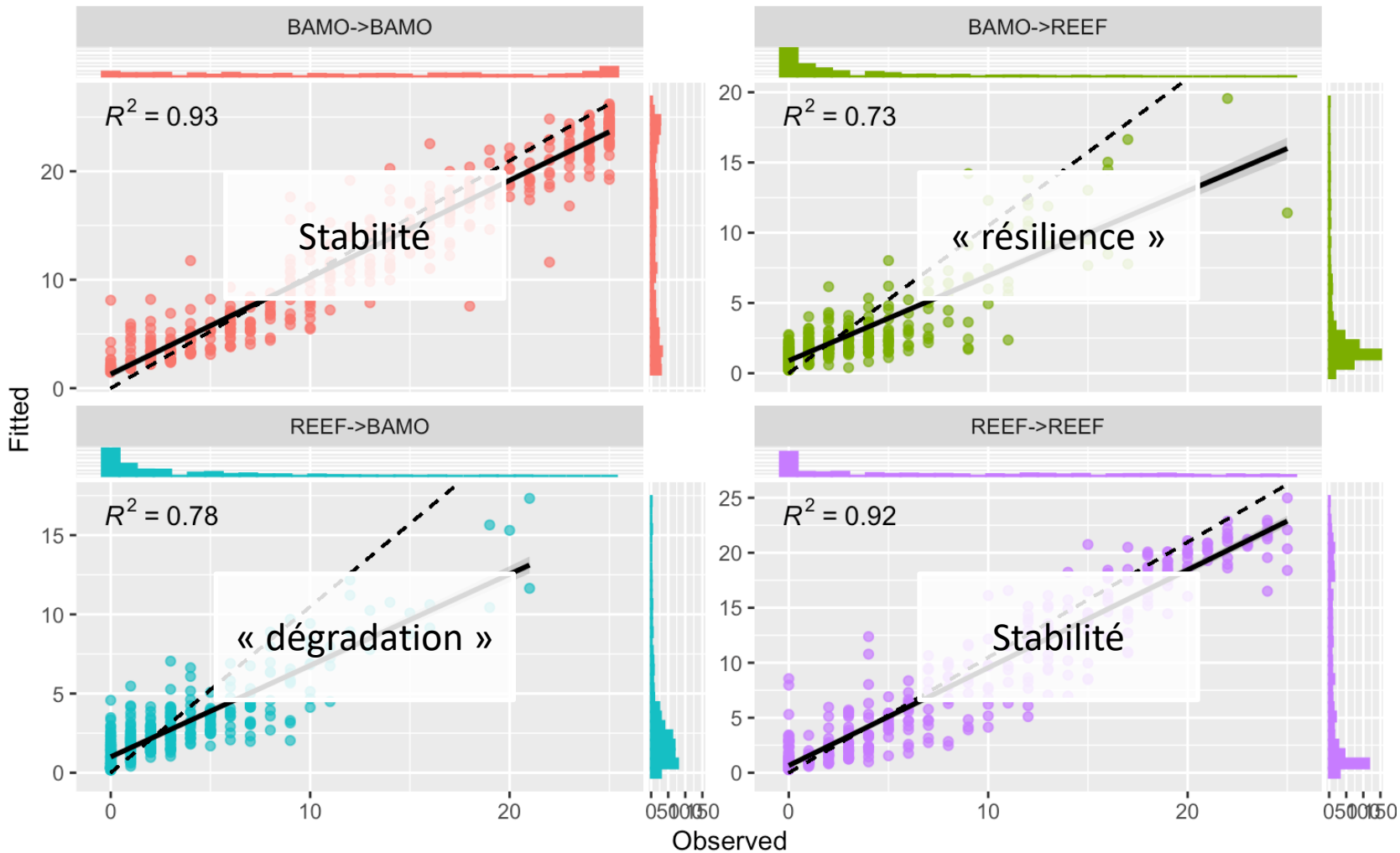
- Validation croisée et simulations

Assimilation des données ?

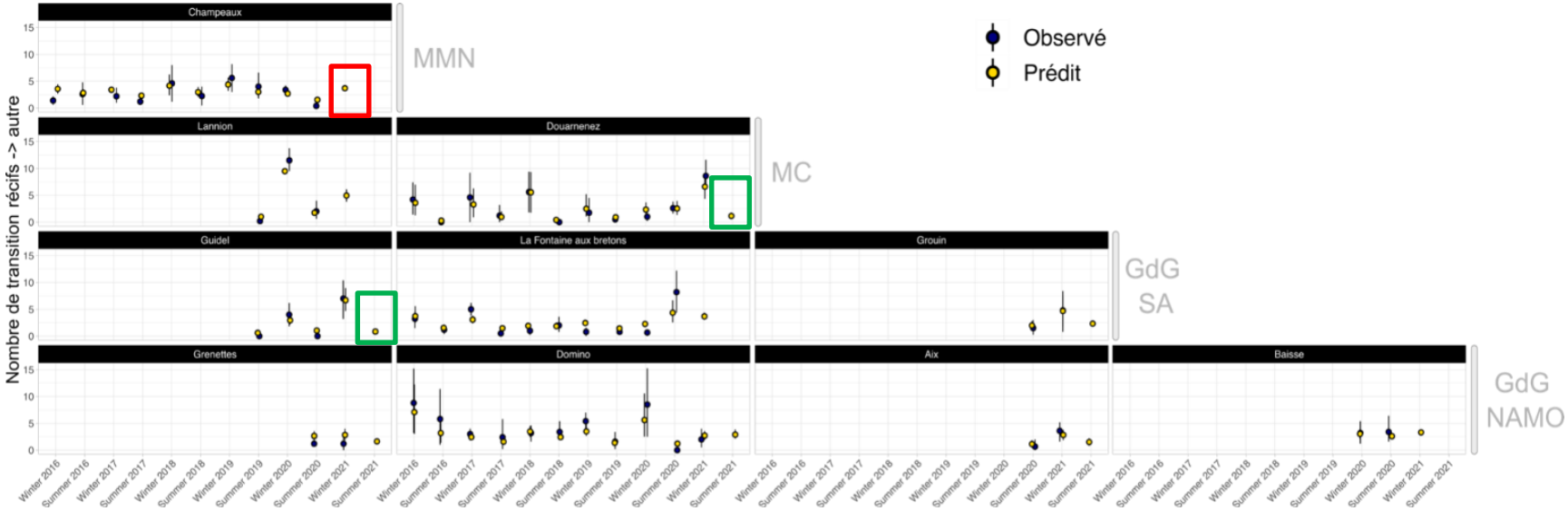
- Manuelle dans un premier temps

Modèle de prédiction à court-terme des probabilités de transitions entre états

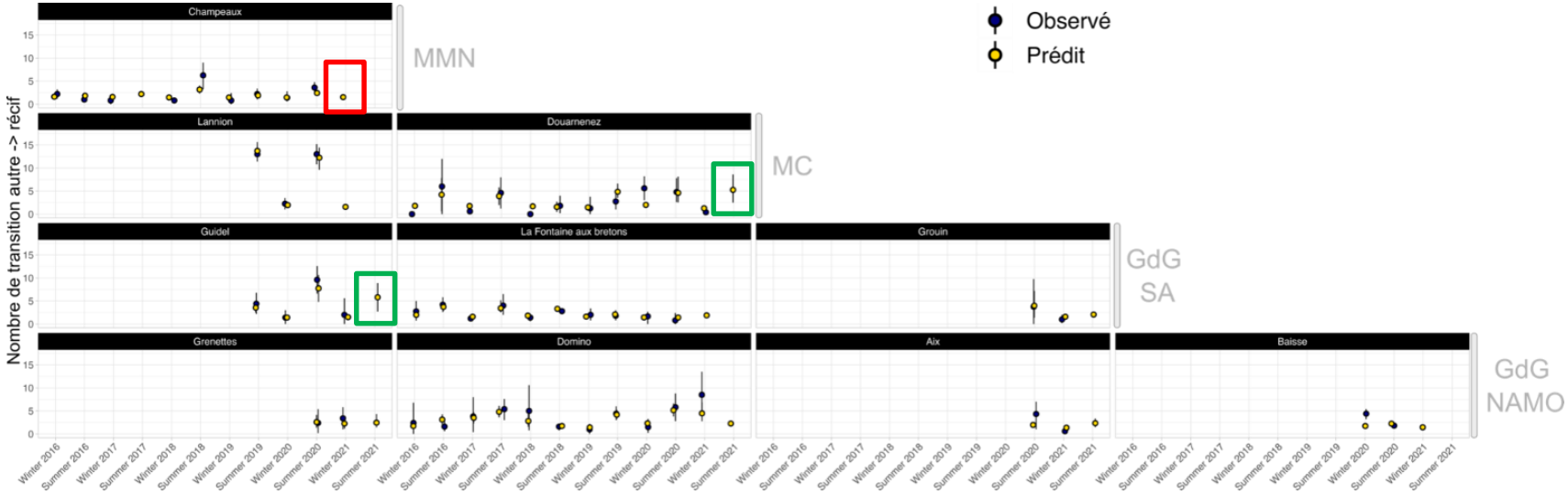
Modèle de prédiction à court-terme des probabilités de transitions entre états



Dégradation observée et risque à court-terme



Potentiel de résilience des récifs



Comment évaluer l'état écologique des récifs à *Sabellaria alveolata* ?

Aujourd'hui : Tendance + prédiction risque/résilience + expertise locale

SRM	Sites de suivi considérés	Tendance	Risque	Statut du site	Représentativité des conditions environnementales de l'UMR par les sites de suivi	Statut de la SRM
MMN	Champeaux	Tendance significative, dégradation progressive : en accord avec avis d'expert	Dégradation ralentie récemment, mais prédiction peu encourageante (faible potentiel de rétablissement, dégradation à court-terme prédite)		80%	Inconnu (dynamique récente du récif difficile à interpréter et dynamiques contrastées dans d'autres récifs de la SRM selon les experts)
MC	Lannion	Tendance significative à l'amélioration sur le cycle mais forte variabilité et dégradation récente. Dire d'expert : ne connait pas cause de variabilité mais plutôt lié à des processus naturels	Récif quasi-disparu récemment mais fort potentiel de rétablissement selon le modèle : oscillation attendue à court-terme		92%	Inconnu (dynamiques naturelles difficiles à interpréter)
	Douarnenez	Récif peu développé avec forte variabilité temporelle. Dire d'expert : connait peu les causes de variabilité, potentiellement lié au recrutement variable	Récif disparu. Changement durable selon le modèle mais lié à processus naturel régional : colonisation par les moules comme à Guidel			
GdG	Guidel	Tendance positive significative mais peu de recul et forte variabilité. Disparition récente plutôt d'origine naturelle : colonisation par les moules comme à Douarnenez	Potentiel de rétablissement et faible risque de dégradation supplémentaire selon le modèle		96%	BEE atteint
	La fontaine aux Bretons	Forte dominance du récif avec tendance positive significative	Stabilité prédite par le modèle			
	Grouin	Dominance de récif limitée. Légère tendance à la diminution.	Stabilité attendue, pas de risque à court-terme identifié			
	Grenette	Récif développé et stable, malgré légère dégradation récente. Peu de recul sur les dynamiques de ce site.	Stabilité attendue, pas de risque majeur identifié à court-terme			
	Aix	Stabilité et absence de tendance significative, malgré dominance de récif limitée	Stabilité attendue, pas de risque à court-terme identifié			
	Domino	Tendance significative à la dégradation par rapport à l'état initial (2 épisodes de déclin, lié à un shift algal l'été) mais rétablissement après chaque épisode	Stabilisation de la trajectoire selon prédiction, mais épisodes algaux récurrents et difficiles à anticiper			
	Baisse	Stabilité, absence de tendance significative. Forte dominance du récif	Stabilité attendue, pas de risque à court-terme identifié			

Comment évaluer l'état écologique des récifs à *Sabellaria alveolata* ?

Aujourd'hui : Tendance + prédiction risque/résilience + expertise locale

Développement d'un indicateur quantitatif national pour ces habitats dynamiques ?

- Métrique candidate : statistique de Kappa (McHugh, 2012)
  - ➢ comparaison proportion observée versus attendue

- Mais problème de la référence pour ces habitats :
  - Etat initial ?
    - ➢ très sensible aux variations naturelles
  - Etat modélisé selon l'environnement ?
    - ➢ biais des modèles + rejeux saisonniers à faire
  - ➢ Prédiction itérative avec le modèle de transition ?
    - ➢ biais des modèles + mise en place

- Manque de données de pressions pour calibrer/valider l'indicateur

https://aurelien-boye.shinyapps.io/reehab_interface/

Interface REEHAB

1 Présentation
1.1 Objectif de l'application et guide associé
1.2 Organisation du processus d'analyse
1.3 Format d'entrée des données
1.4 Chargement des données et processus de validation
2 Importation et validation des données
2.1 Chargement des données
2.2 Vérifications des données
3 Classification de l'état des récifs
4 Approche par le risque : probabilité de changement et trajectoire attendue
5 Définition des états de références/attendus/initiaux
5.1 Référence environnementale : états attendus selon les conditions environnementales locales
5.2 Référence temporelle/historique/future : états initiaux selon la référence temporelle choisie
6 Indicateur d'état : écart entre l'état observé et attendu (EQR)
7 Export
8 Détails
8.1 Contacts
8.2 Détails méthodologiques
8.3 Informations de session R

Provided by Ifremer - DYNECO - LEBCO
08 mars, 2021

Code

Interface REEHAB

1 Présentation

1.1 Objectif de l'application et guide associé

L'objectif de cette interface est de faciliter et automatiser l'analyse des données collectées selon le protocole REEHAB, et permettre le calcul d'indices décrivant l'état des formations récifales suivies, qui répondent aux Directives Européennes, notamment la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin.

Cette interface s'accompagne d'un guide dédié, téléchargeable ci-dessous. Les différentes sections de ce guide décrivent les traitements de données proposés dans cette interface (allant de la saisie standardisée et la vérification des données, au calcul des indicateurs ; Figure 1.1). Ce guide détaille aussi les choix et méthodologies sous-jacentes aux actions qui sont proposées dans cette interface.

Télécharger le guide

1.2 Organisation du processus d'analyse

La Figure 1.1 ci-dessous résume les différents étapes d'analyse proposées dans cette interface. Les numéros de sections indiqués en noirs correspondent aux différentes sections de cette interface et du guide associé. Ces sections regroupent les principales actions proposées dans cette interface (colorés en vert).

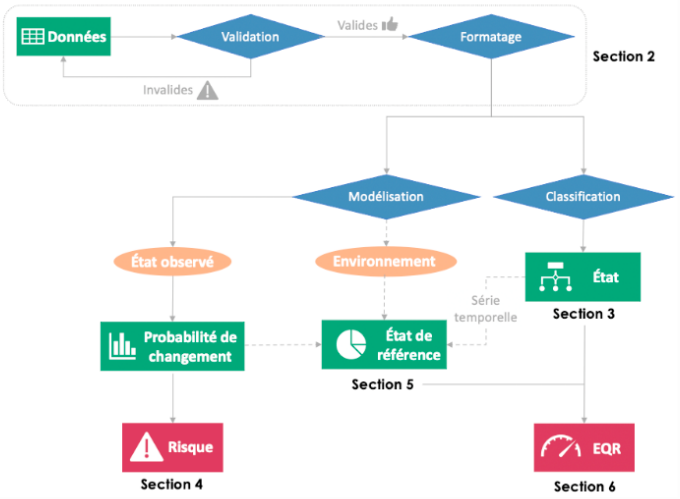
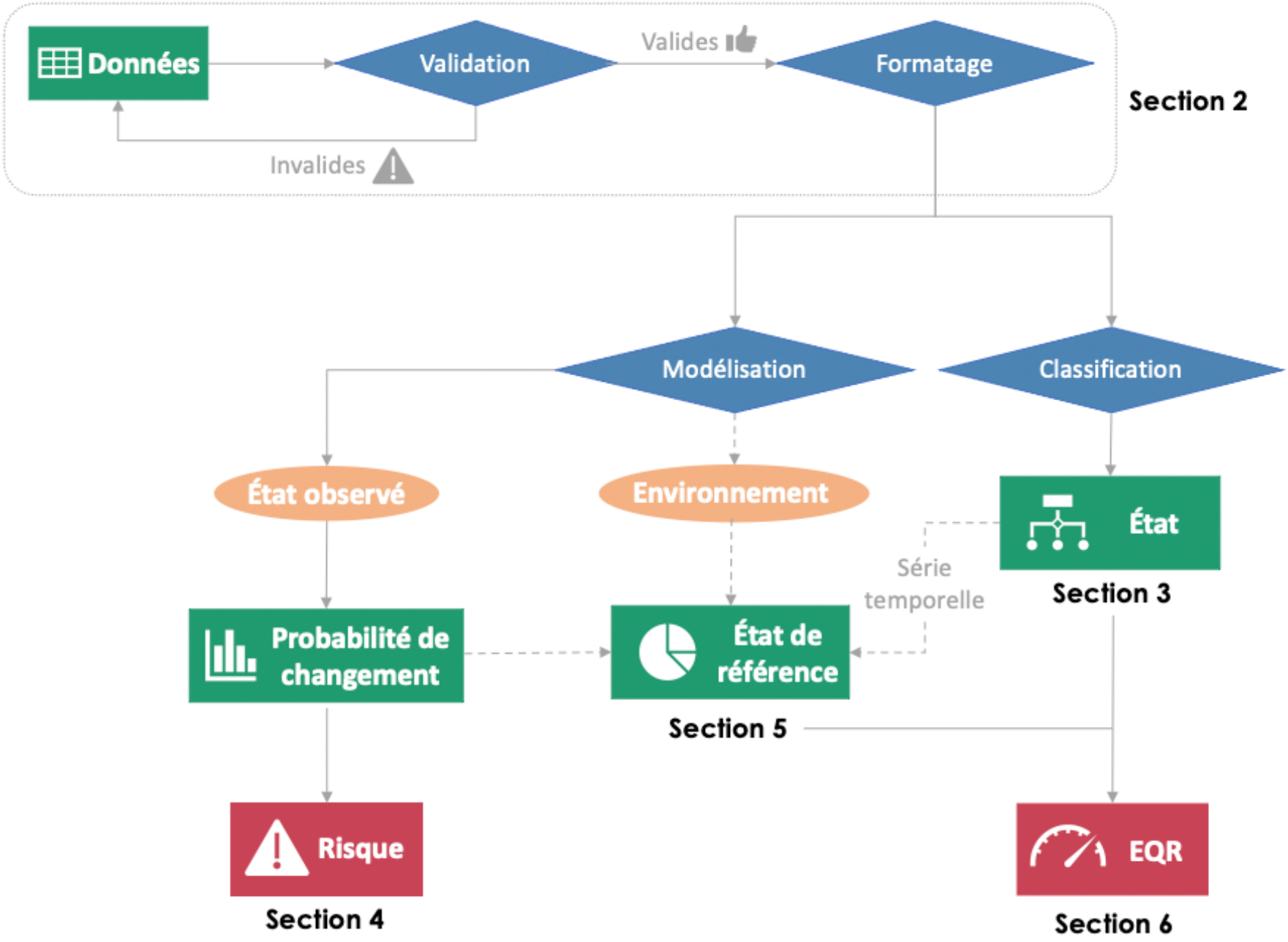


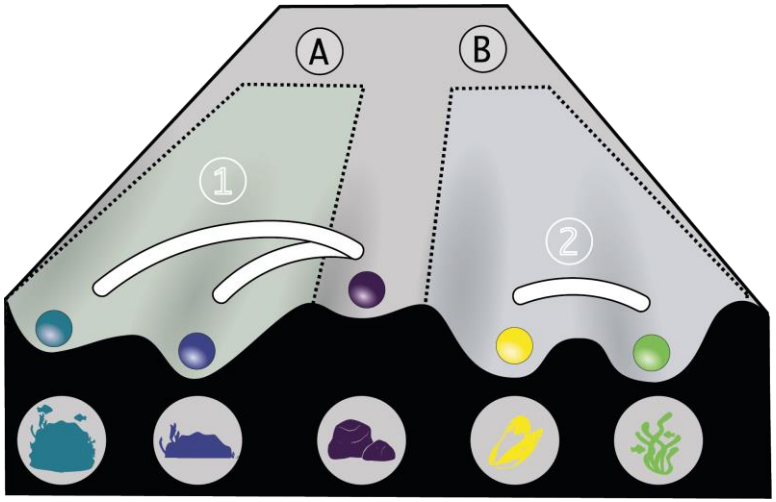
Figure 1.1: Résumé du processus d'analyse implémenté dans cette interface et détaillé dans le guide qui l'accompagne. Les données importées dans l'interface sont, dans un premier temps, validées. Si ces données passent l'ensemble des vérifications demandées, différentes analyses s'offrent à l'utilisateur. Il est ensuite possible d'exporter les résultats de ces analyses. Les sections, de l'interface et du guide, correspondantes à chacune des étapes du processus d'analyse sont indiquées en noir.

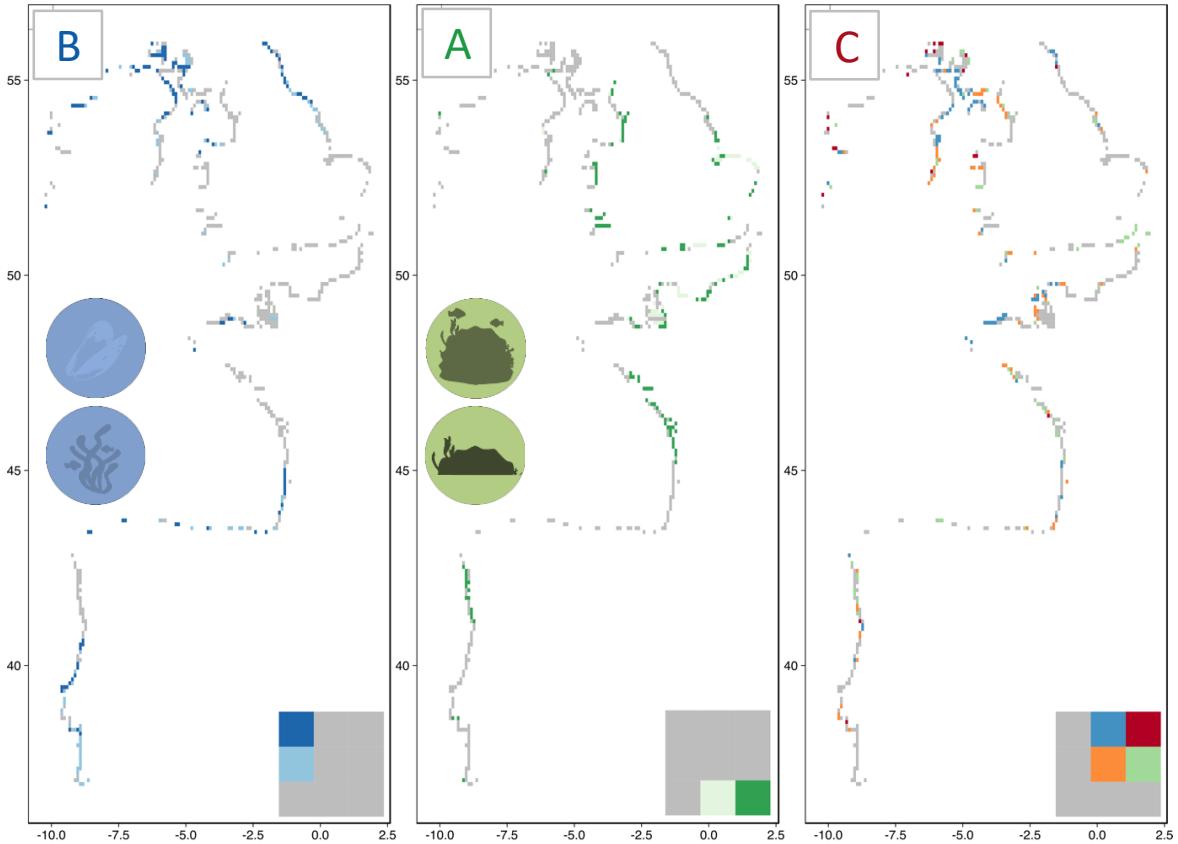

Données
Validation
Valides
Formatage
Section 2
Invalides
Modélisation
Classification
État observé
Environnement
État
Série temporelle
Section 3
Probabilité de changement
État de référence
Section 5
Risque
EQR
Section 4
Section 6

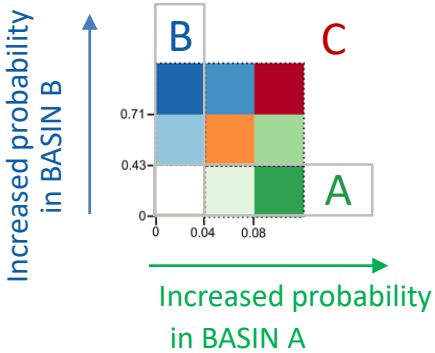
Ifremer

MERCI DE VOTRE ATTENTION

AURELIEN.BOYE@IFREMER.FR

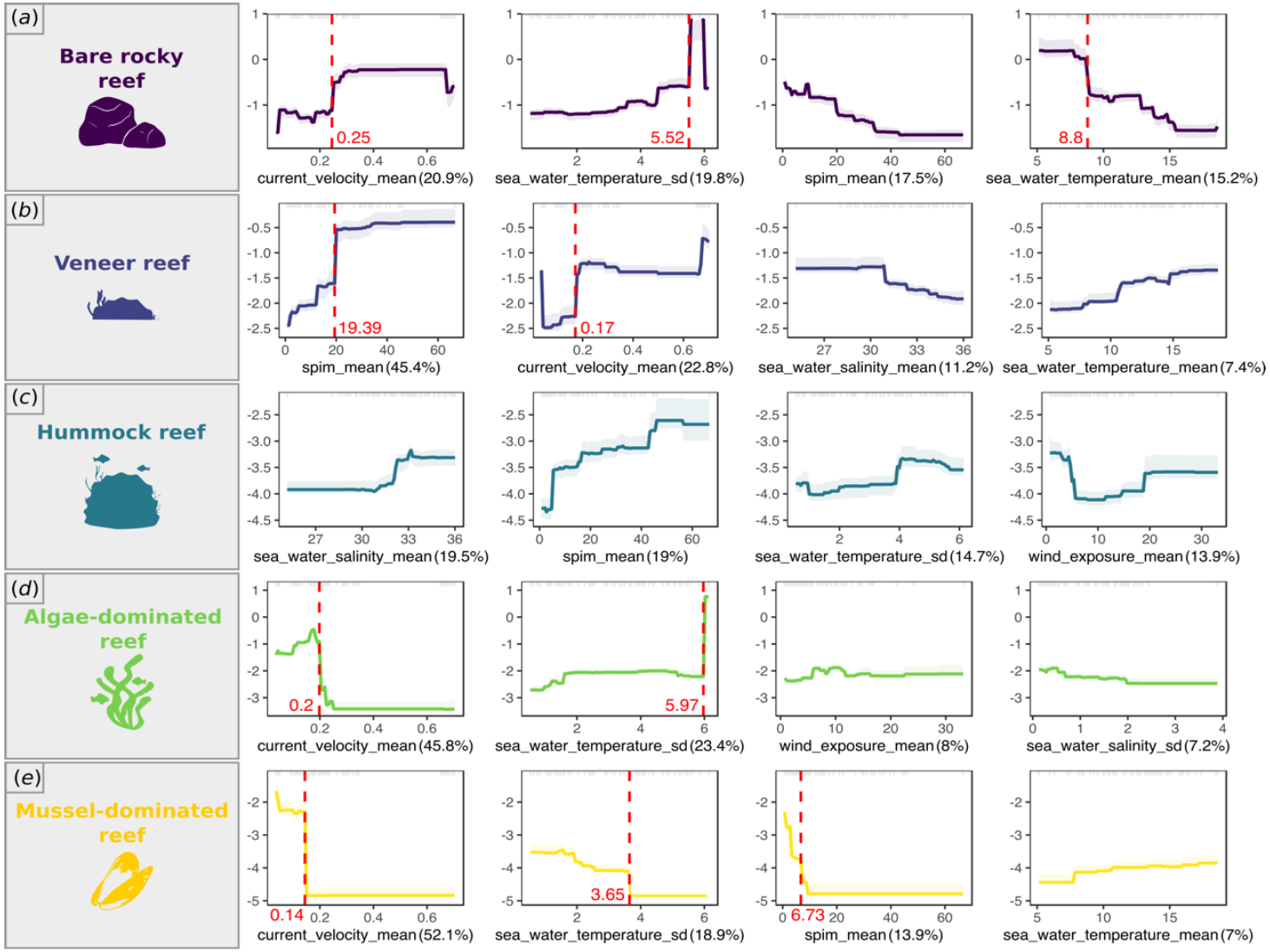






Maps of probability to be in basin A or B according to abiotic conditions

Windows of high probability for all states (less constraining environment) – high probability of rapid changes


(a)
Bare rocky reef
0.25
current_velocity_mean (20.9%)
5.52
sea_water_temperature_sd (19.8%)
spim_mean (17.5%)
8.8
sea_water_temperature_mean (15.2%)
(b)
Veneer reef
19.39
spim_mean (45.4%)
0.17
current_velocity_mean (22.8%)
sea_water_salinity_mean (11.2%)
sea_water_temperature_mean (7.4%)
(c)
Hummock reef
sea_water_salinity_mean (19.5%)
spim_mean (19%)
sea_water_temperature_sd (14.7%)
wind_exposure_mean (13.9%)
(d)
Algae-dominated reef
0.2
current_velocity_mean (45.8%)
5.97
sea_water_temperature_sd (23.4%)
wind_exposure_mean (8%)
sea_water_salinity_sd (7.2%)
(e)
Mussel-dominated reef
0.14
current_velocity_mean (52.1%)
3.65
sea_water_temperature_sd (18.9%)
6.73
spim_mean (13.9%)
sea_water_temperature_mean (7%)
+
Relative influence
-