



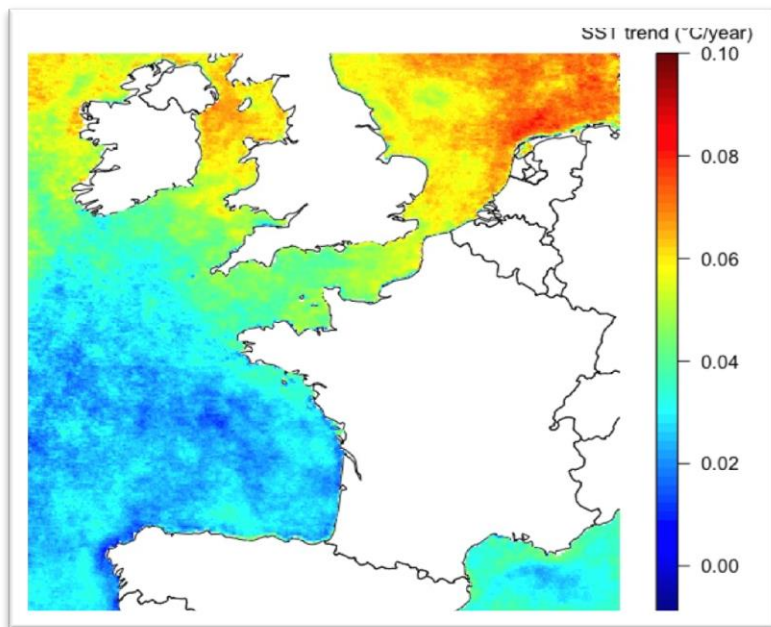
Modélisation de la distribution d'espèces benthiques sous l'influence du changement climatique

Ntsoa Rakoto RAZAFIMAHEFA – M2 - Agrocampus

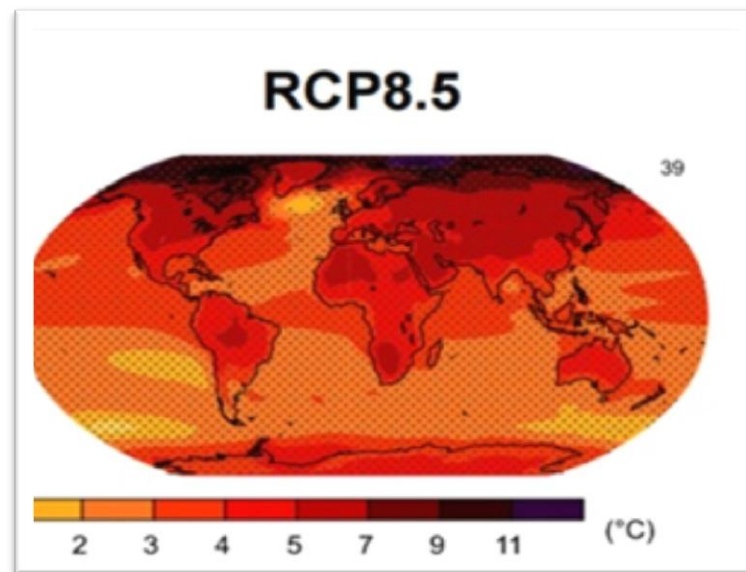
Yoann THOMAS - IRD

Cédric Bacher – Ifremer – cedric.bacher@ifremer.fr

Accélération du réchauffement climatique au cours du XXI^{ème} siècle (IPCC, 2014)

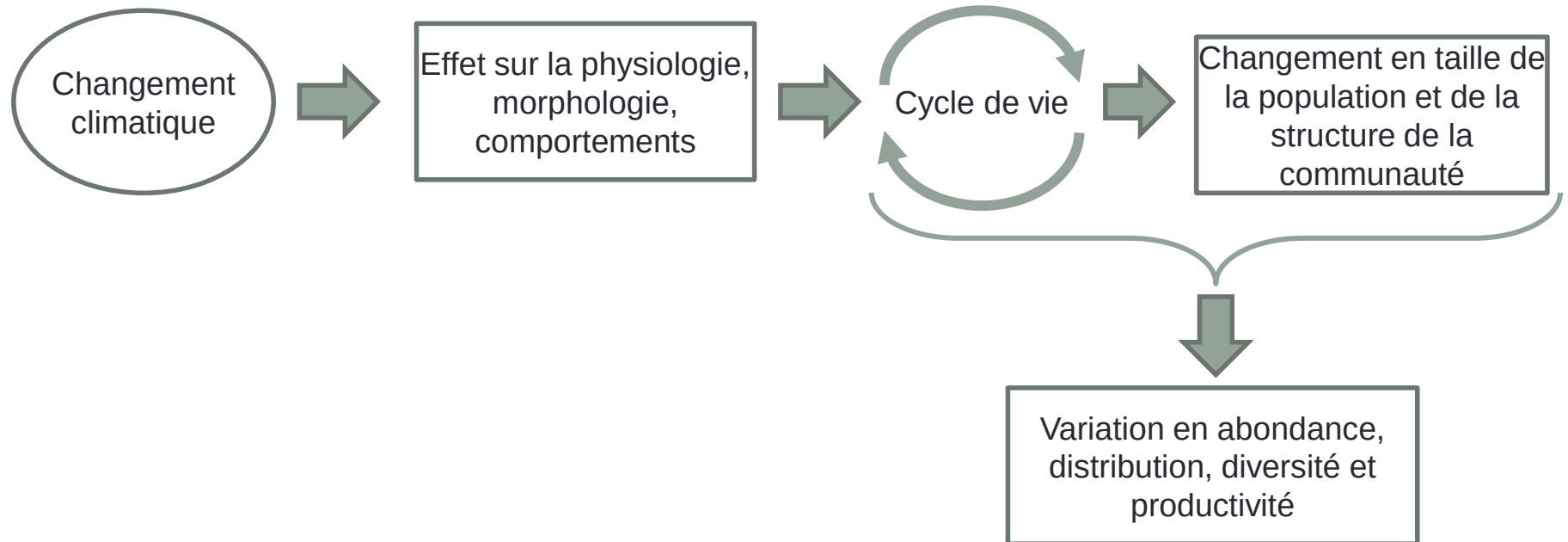


Tendance température (1986 – 2006) –
Analyse des données satellites (Saulquin et
Gohin, 2010)
0.2-0.8 °C/décade



Changements moyens de température en 2081-2100.
2.6°C–4.8°C par rapport à 1986 – 2005 (GIEC, 2013)

Conséquences sur les espèces



Enjeux

- Comprendre la réponses des espèces aux changements environnementaux
- Prévoir les changements d'aire de répartition (biogéographie)

Objectifs

Développer un modèle générique et mécaniste de dynamique de population spatialisée pour les espèces benthopélagiques

- ✓ Simulation de la dynamique spatiale et temporelle d'espèces d'intérêt (économique, écologique) sous différents scénarios de changement climatique

Application à une zone d'étude

- ✓ Bretagne
- ✓ Espèce cible: *Mytilus edulis*
- ✓ Scénarios : température actuelle/température RCP 8.5
- ✓ Simulation théorique

Résultats

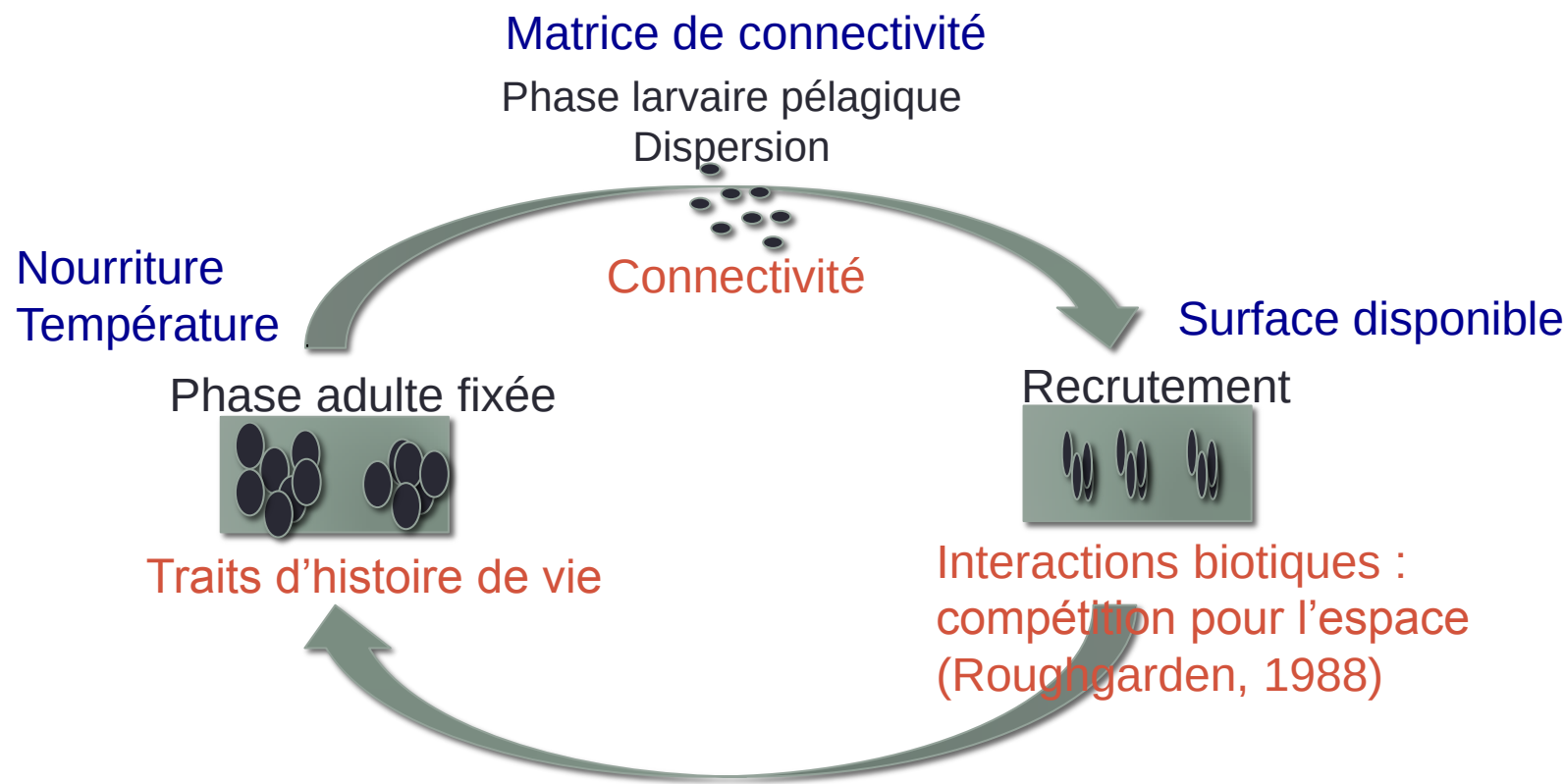
- ✓ Vitesse de colonisation
- ✓ Densité/Biomasse à l'équilibre pour les deux scénarios
- ✓ Effet des changements de température (toutes conditions étant égales par ailleurs)

Stratégie de modélisation

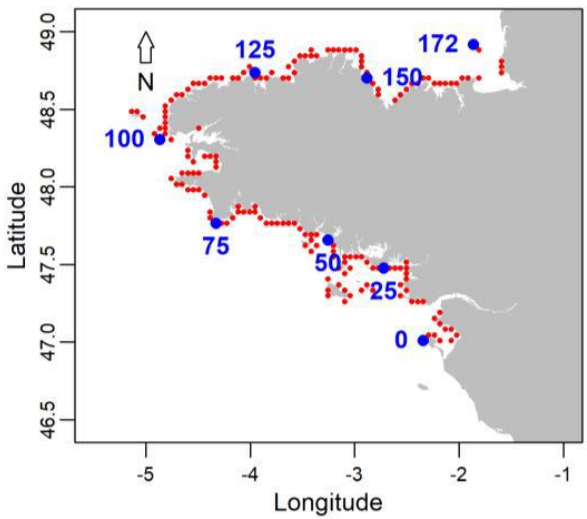
Cycle de vie d'une espèce benthopélagique

Processus modélisés

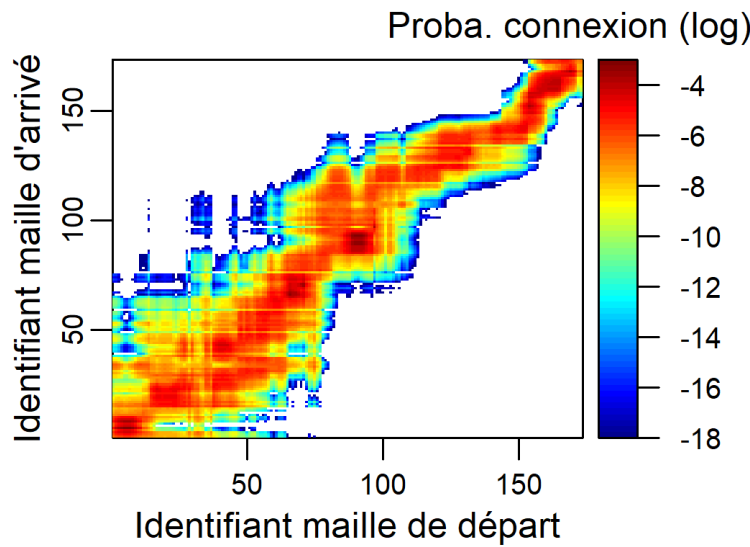
Forçages



Connectivité spatiale entre populations



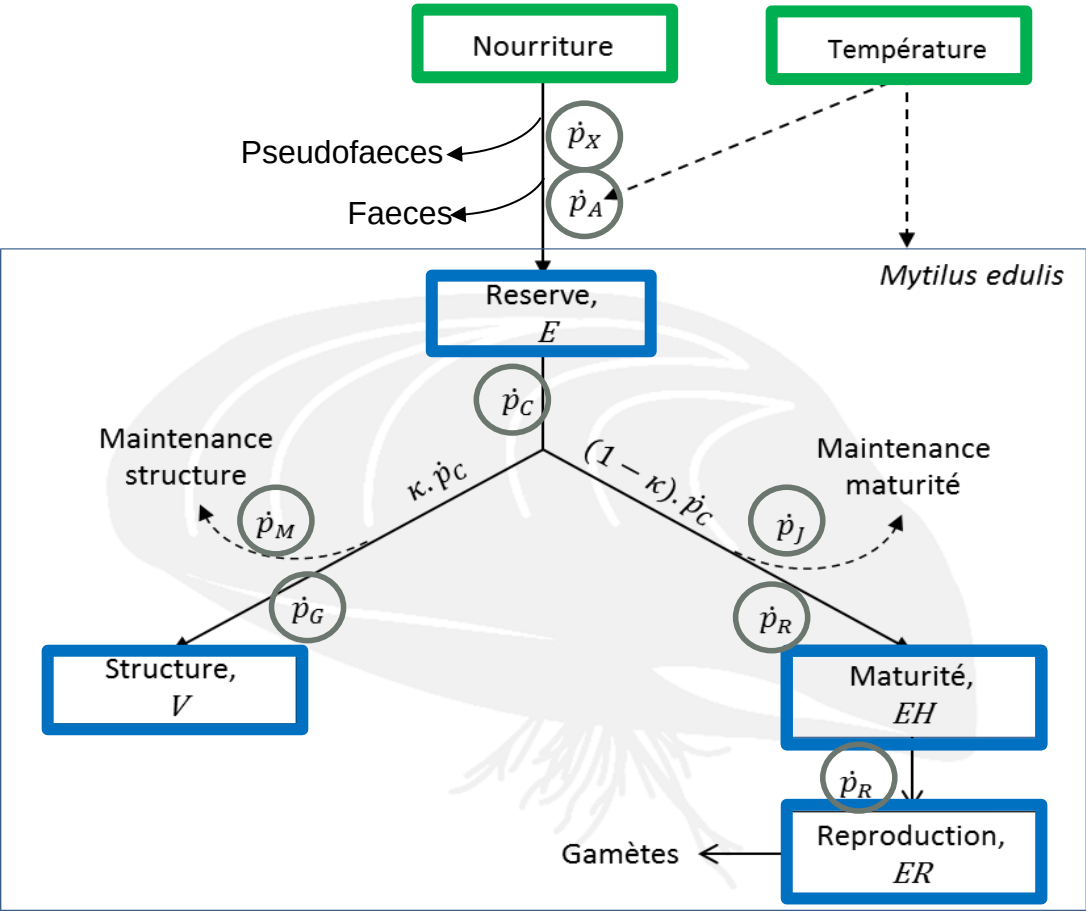
173 patches: habitats potentiels identifiés à partir des cartes d’habitats EUNIS



Connectivité moyenne annuelle
Simulation 22 jours de vie larvaire (MARS3D)

Traits d'histoire de vie individuels

Modèle Bioénergétique: Dynamic Energy Budget (DEB)



→ Variables d'état

- ☐ Réserves
- ☐ Volume en structure
- ☐ Développement
- ☐ Reproduction

→ Flux métaboliques

→ Forçages

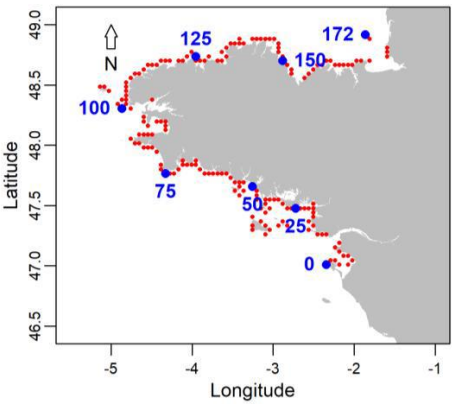
→ Variables observables

- ☐ Longueur physique
- ☐ Masse totale
- ☐ Masse sèche
- ☐ Fécondité

Simulations

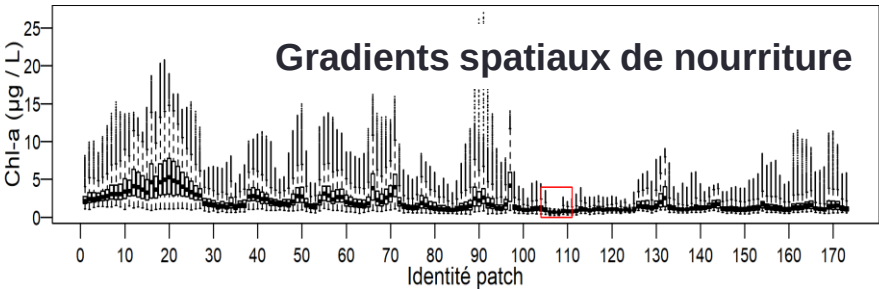
Échelles temporelle et spatiale du modèle

- ✓ Pas de temps : journalier
- ✓ Durée de simulation: 30 ans
- ✓ Unité spatiale : patch = 4×4 km → l'unité spatiale ayant servi à calculer la connectivité (MARS3D)
- ✓ Les processus sont considérés homogènes à l'échelle d'un patch



Forçages temporels/spatiaux

- ✓ Température
- ✓ Nourriture (proxy)
- ✓ Matière particulaire inorganique



Paramétrisation

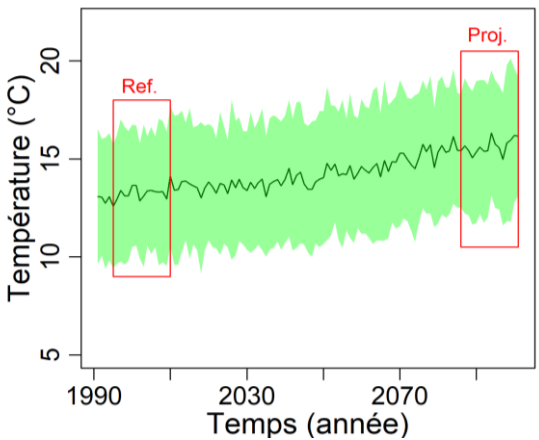
- ✓ DEB : paramètres extraits de la littérature
- ✓ Taux de mortalité journalier = moyenne des données extraites de la littérature
- ✓ Taux de recrutement

Scénario de référence/projection

- ✓ Modèle: CNRM-CM5

Variables simulées

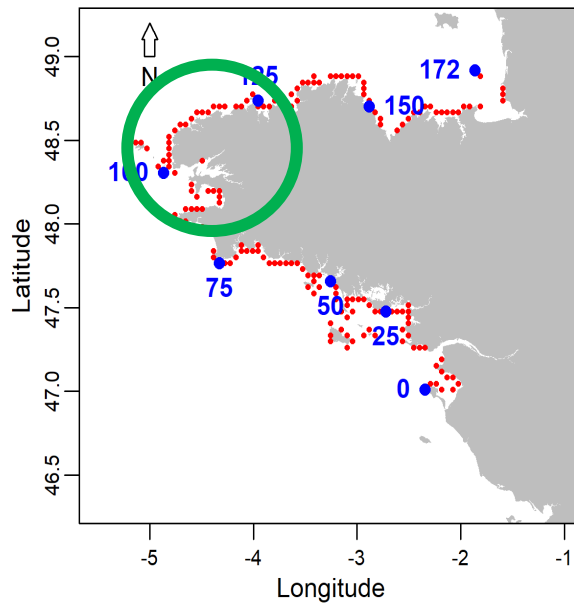
- ✓ Cohortes
- ✓ Biomasses



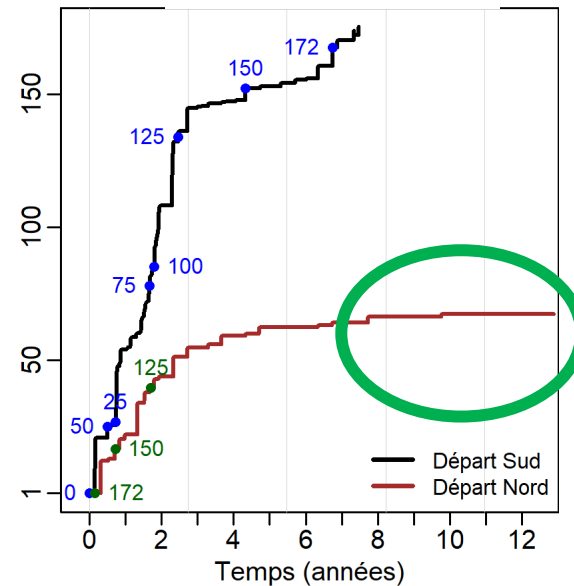
Capacité de colonisation

→ Initialisation

1. Sud: densité en patch 1
2. Nord: densité en patch172



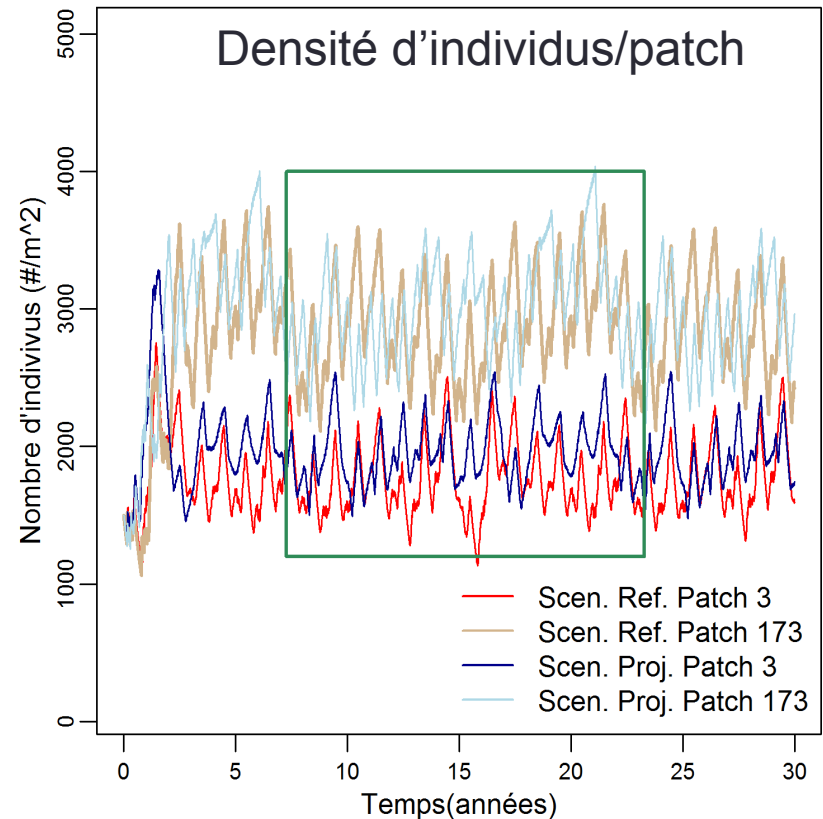
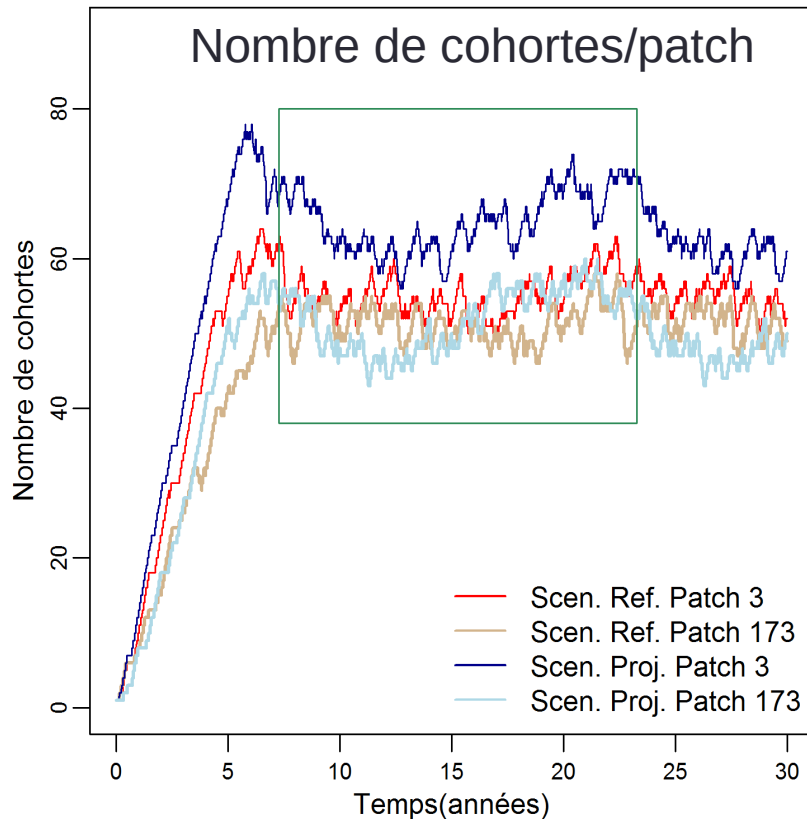
Scénario Réf



- Colonisation plus rapide en partant du SUD: facteurs physiques (connectivité)
- Barrière biologique: facteurs trophiques

Effets du réchauffement sur la structure et dynamique des populations

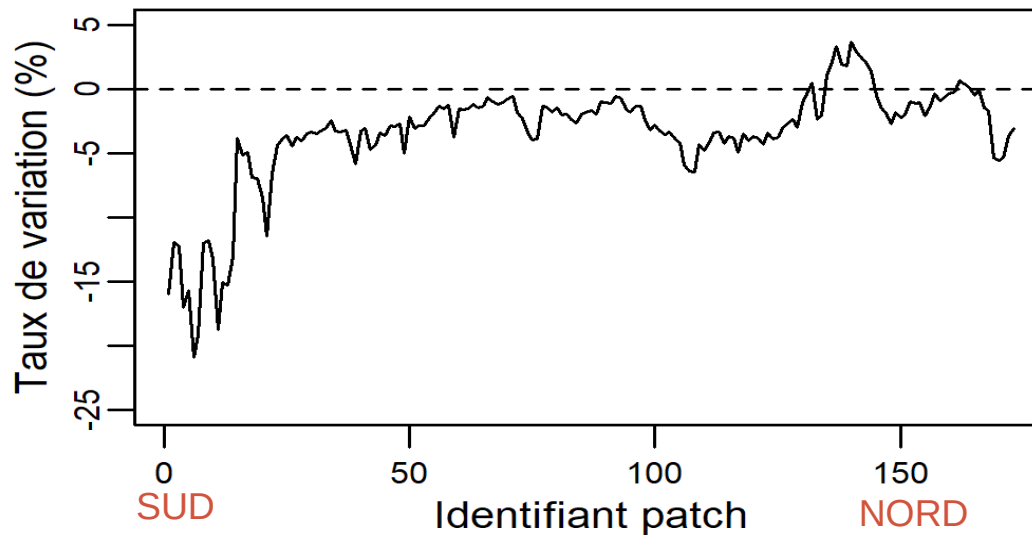
- Initialisation = 1 cohorte dans chaque patch
- Simulations sur 30 ans
- Résultats
 - stabilisation : compétition spatiale lors du recrutement
 - fluctuations inter-annuelles : variabilité environnementale/traits biologiques
 - différences spatiales
 - différence entre scénarios



Effets du réchauffement sur la biomasse

Taux de variation de la biomasse moyenne sur 15 ans par patch

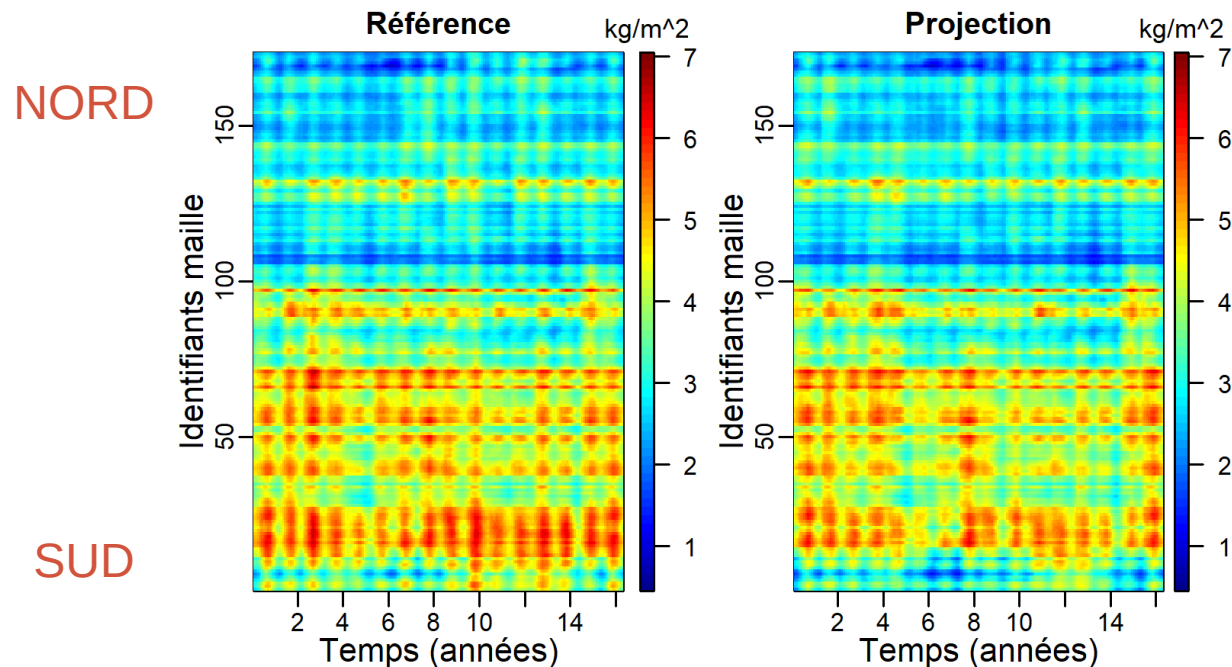
$$\text{Taux de variation} = \frac{100 \times (\text{Proj} - \text{Ref.})}{\text{Ref.}}$$



- Diminution de la biomasse
- Gradient Sud-Nord

Effets du réchauffement sur la biomasse

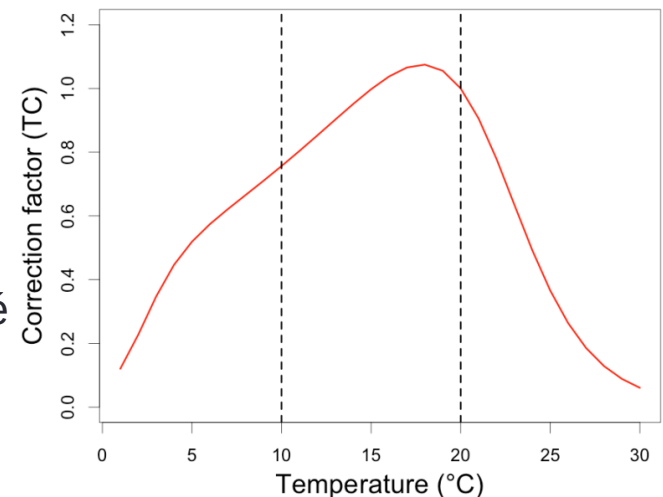
Evolution biomasse sur 15 ans par patch (kg/m^2)



- Hétérogénéité spatiale, gradient Nord-Sud
 - biomasse réduite au Nord (*patches* 100 à 172)
- Variabilité interannuelle
 - oscillations annuelles

Principaux résultats

- Utilisation d'une plateforme de simulation multi-agents : NETLOGO
- Importance des mécanismes spatiaux
 - Colonisation très rapide dans la zone d'étude (10 ans) : forte connectivité
 - Colonisation du Sud vers le Nord plus rapide : circulation océanique dominante du Sud vers le Nord (Ayata et al., 2010)
- Emergence de « frontières biologiques » : effet de la variabilité des conditions environnementales sur les traits d'histoire de vie individuels
- Effets du réchauffement (RCP8.5)
 - Modulation des flux métaboliques
 - Phénologie de la ponte
 - Variation de la biomasse ~ [-20 %, +5 %]
 - Recrutement plus précoce en moyenne
 - Elargissement de la période sans recrutement en été
 - Recrutement hivernal réduit



Modélisation vs Observations : quelle stratégie d'observation pour expliquer les changements d'aire de répartition

- ✓ Echelle des processus
 - ✓ Temps de réponse: phénologie, cycle de vie, population
 - ✓ Espace: habitats, dispersion larvaire
- ✓ Assimilation de données
 - ✓ Images satellites
 - ✓ Scénarios
- ✓ Sources de variabilité
 - ✓ Connectivité saisonnière
 - ✓ Variabilité inter-individuelle
 - ✓ Variabilité environnementale
 - ✓ Scénarios de chlorophylle a
- ✓ Approche multi-espèces
 - ✓ Espèces indicatrices



Sabellaria alveolata



Magallana gigas

Merci de votre attention