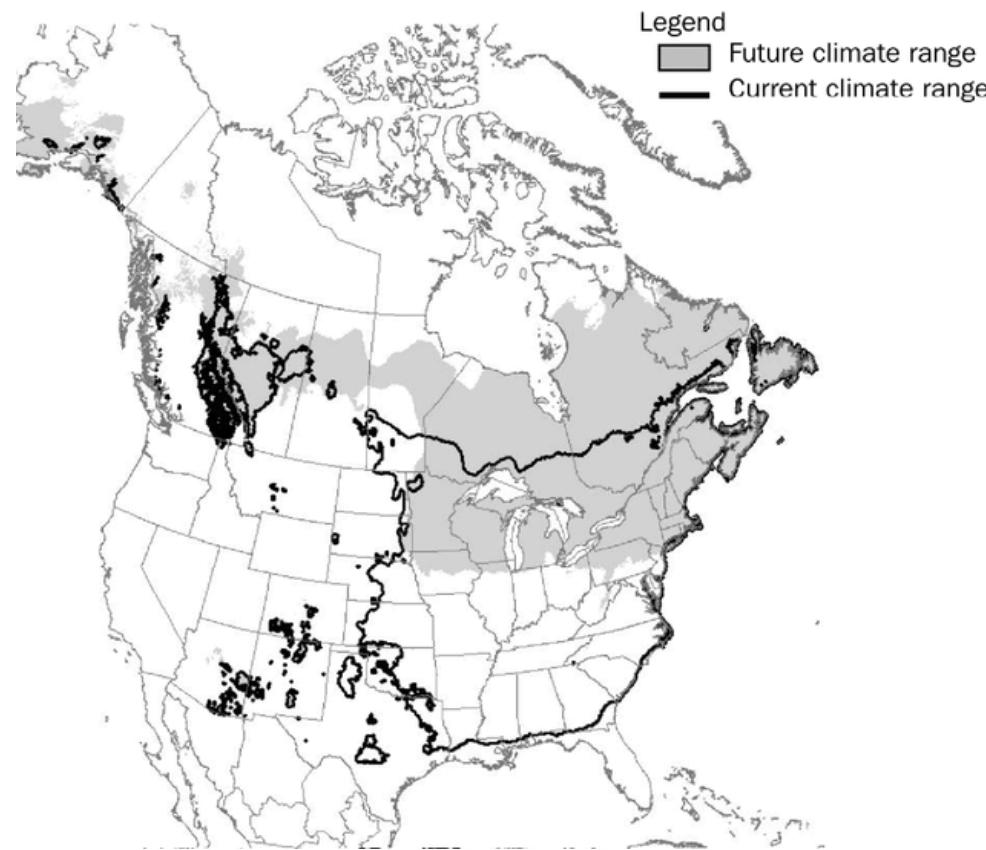


Les perturbations modérées catalysent les transitions forestières dans l'écotone boréal-tempéré

Marie-Hélène Brice, Pierre Legendre & Marie-Josée Fortin

Déplacement des niches

Future enveloppe climatique de l'Érable à sucre (2071-2100)



McKenney et al. 2007. BioScience.

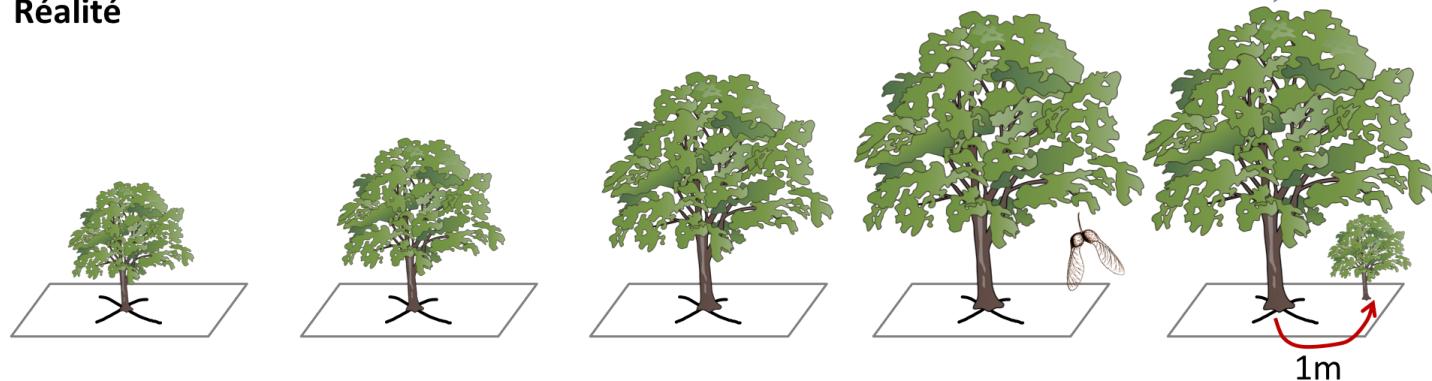
Contraintes à la migration

- Démographie lente
- Dispersion limitée
- Compétition interspécifique
- Hétérogénéité du sol

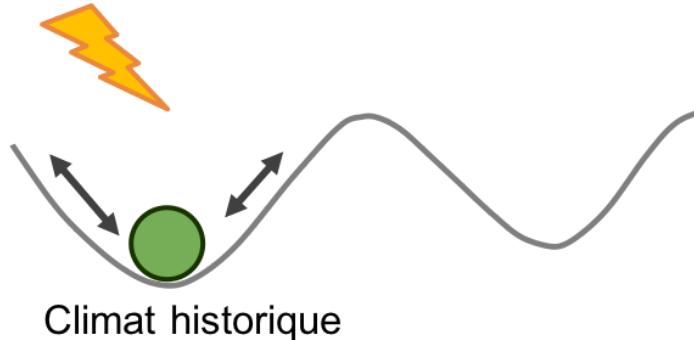
Prédiction



Réalité

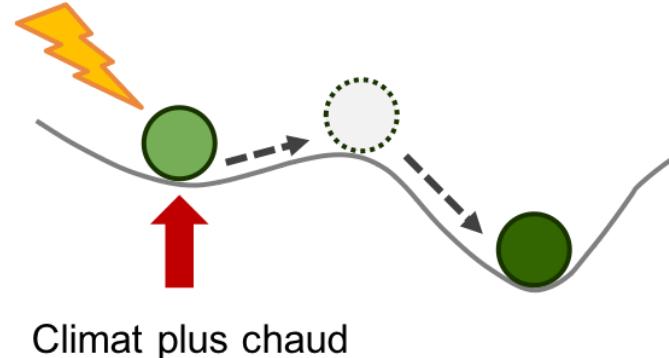


États alternatifs stables



État 1
Ex: forêt mixte

État 2
Ex: forêt tempérée



État 1
Ex: forêt mixte

État 2
Ex: forêt tempérée



État de l'écosystème



Perturbation



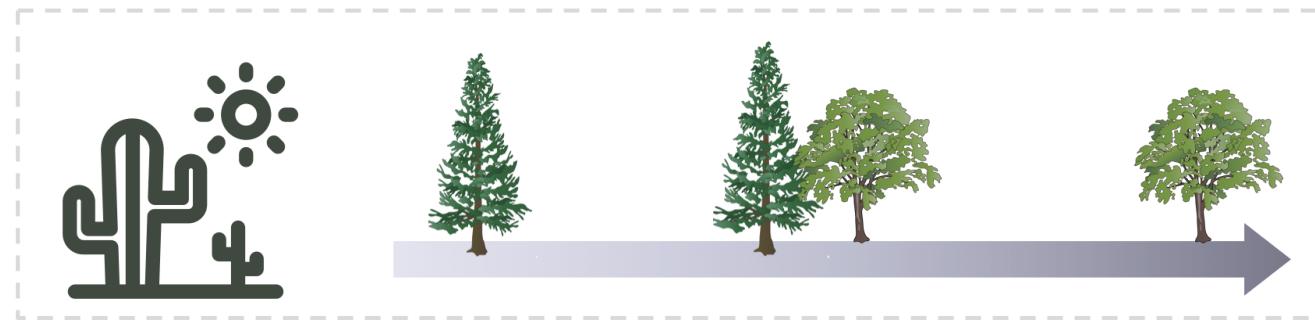
Domaine d'attraction

Comprendre les contraintes et les moteurs sous-jacents de la dynamique de transition des communautés forestières du Québec.

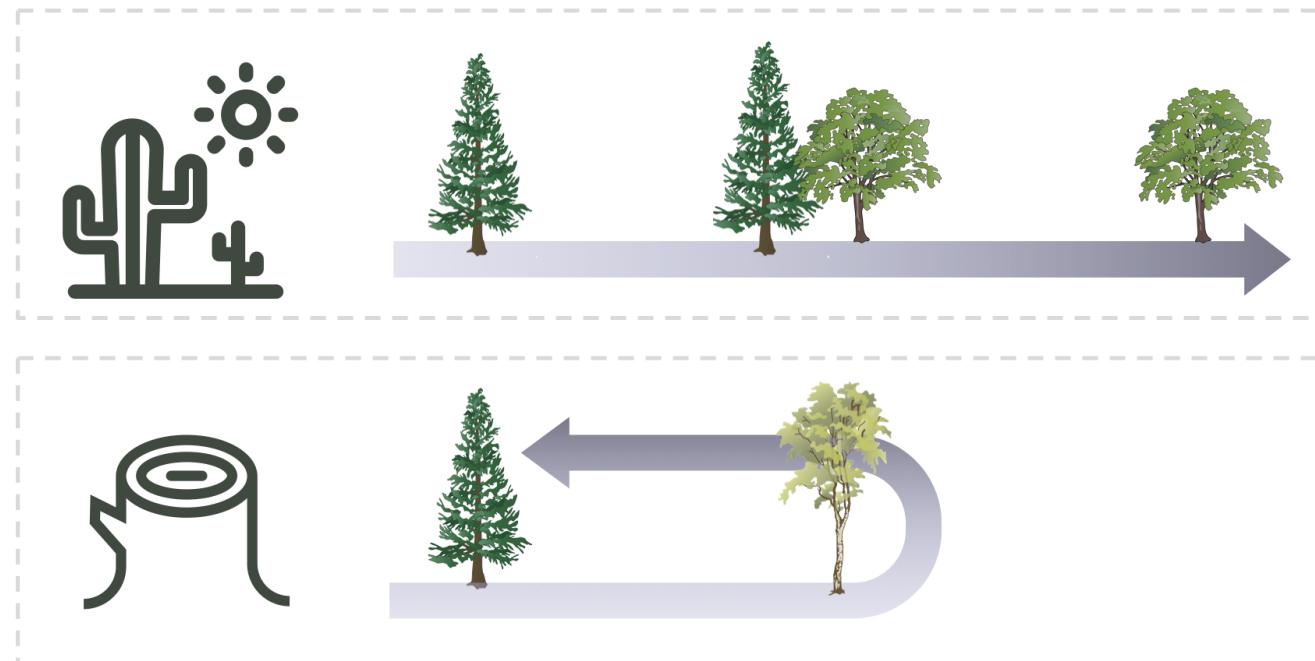
- ① Est-ce que la dynamique de transitions des forêts est influencée par le changement climatique récent?
- ② Est-ce que les perturbations peuvent favoriser certaines transitions?
- ③ Quel est l'impact de différentes intensités de perturbation sur l'équilibre potentiel et la dynamique transitoire ?



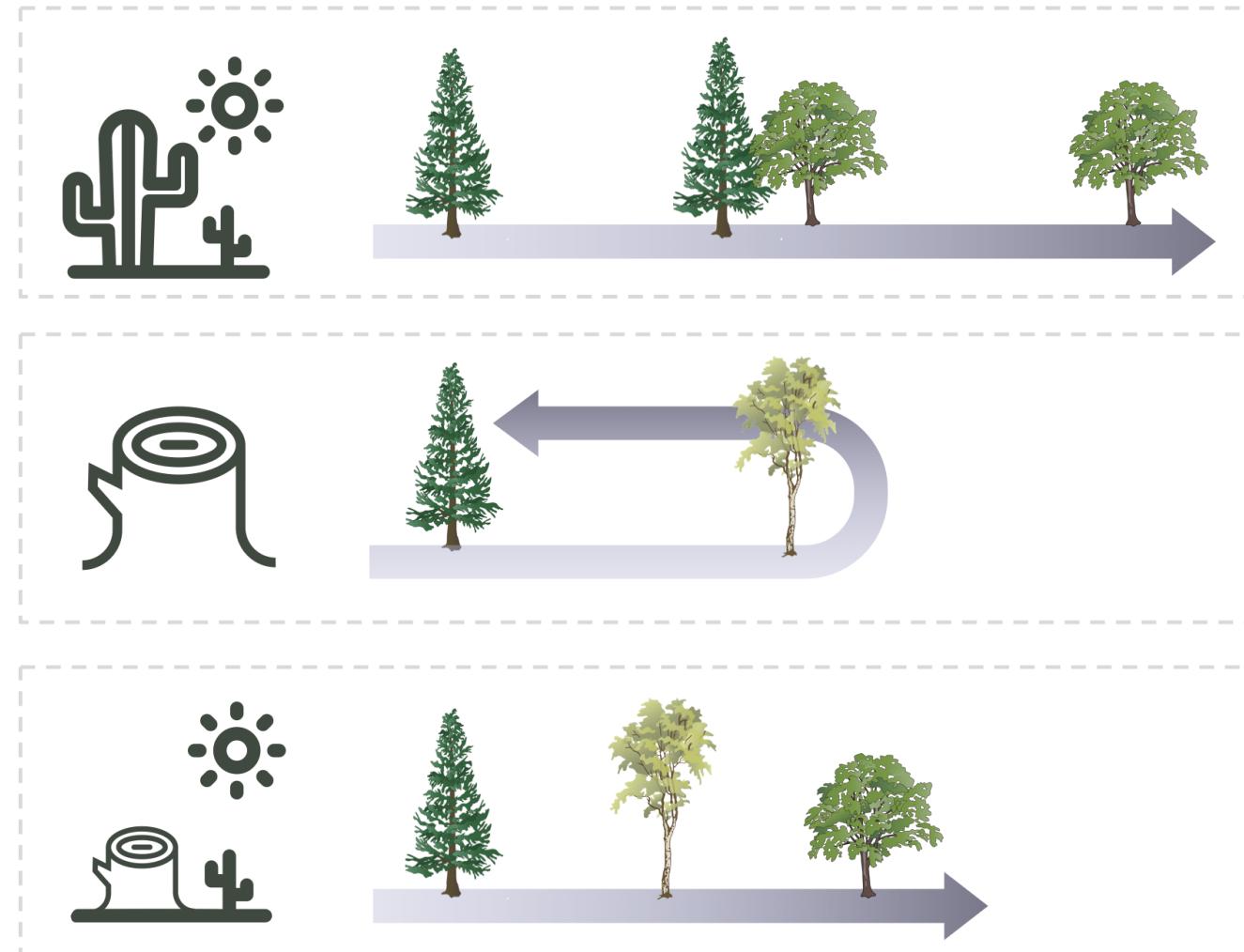
Hypothèses



Hypothèses



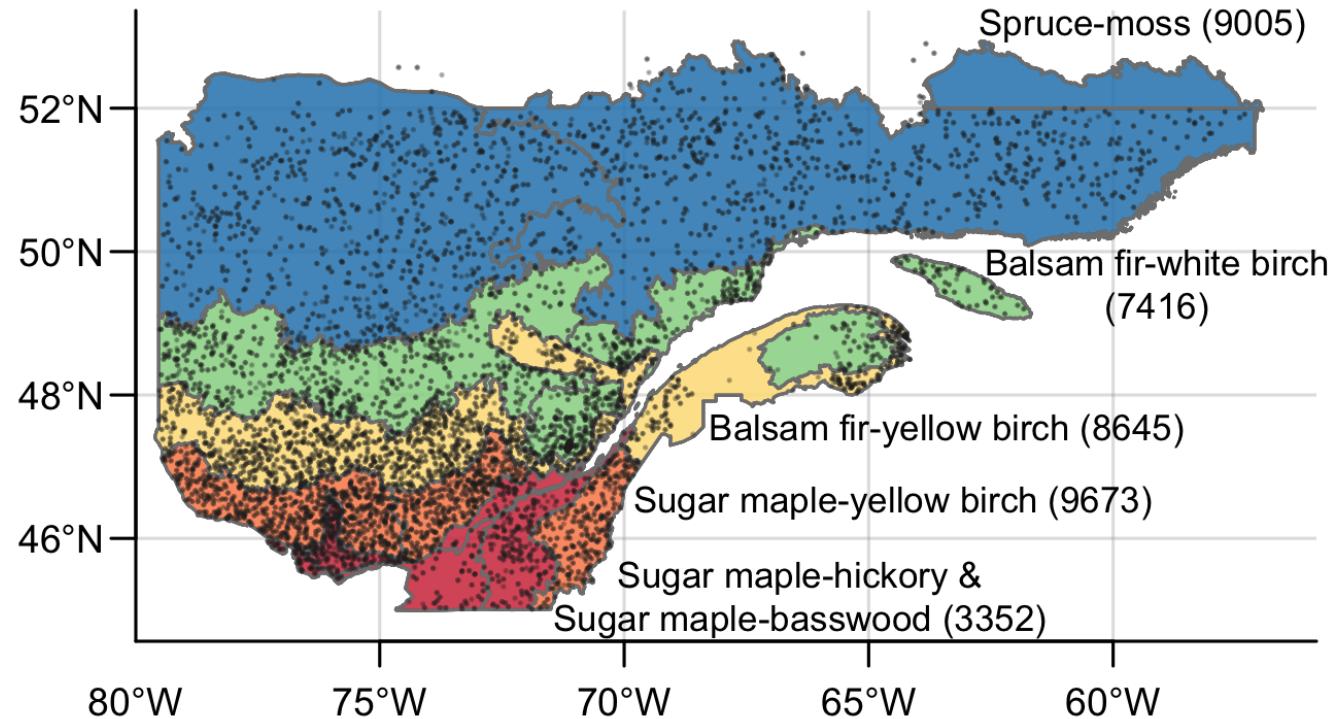
Hypothèses



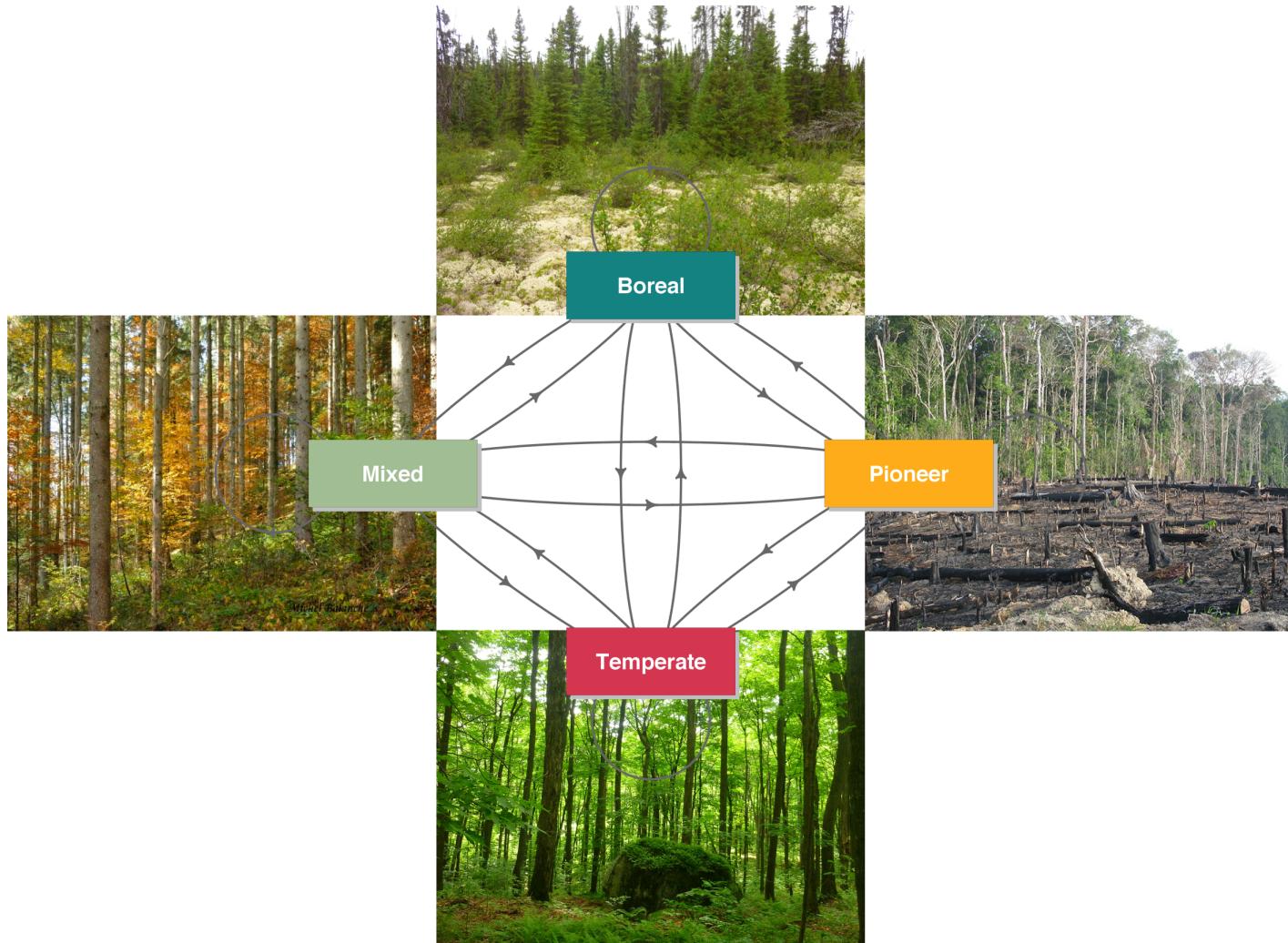
Données

Inventaires forestiers du Québec Méridional

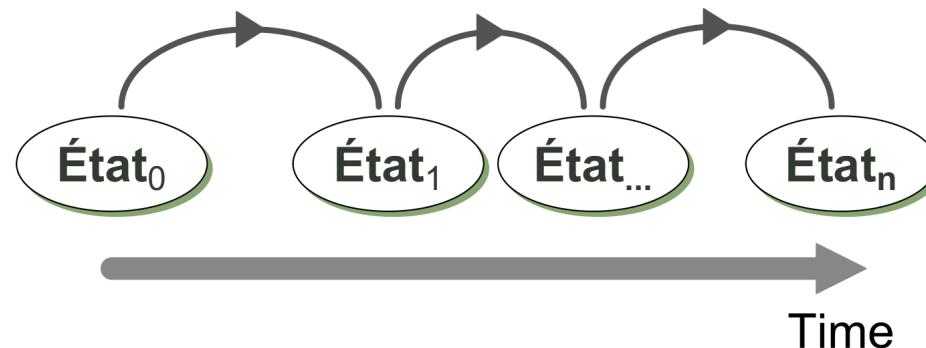
- 12000+ parcelles permanentes échantillonnées durant 5 grands inventaires entre 1970 et 2016 (par le MFFPQ)
- Sélection de 10,388 parcelles inventoriées au moins 2 fois chacune



Données



Modèle de Markov multi-états à temps continu



- Processus de Markov:
 - Les transitions dépendent de l'état actuel, pas des états antérieurs
- Temps continu:
 - Intervalle de temps irrégulier;
 - Plusieurs transitions possibles durant un intervalle;
 - Le moment exact de la transition n'est pas connu

Modèle de Markov multi-états à temps continu

Les transitions entre les états peuvent dépendre de l'environnement:

Climat

-  Température de la saison de croissance à t_{i-1}
-  Indice d'humidité climatique (CMI) à t_{i-1}

Perturbations

-  Perturbations naturelles entre t_{i-1} et t_i
-  Coupes entre t_{i-1} et t_i

Sol

-  pH du sol
-  Drainage du sol

Modèle

Matrice d'intensité Q contenant les risques de transition instantanés (ligne à colonne)

$$Q = \begin{pmatrix} -\sum_{s \neq B} q_{Bs} & q_{BM} & q_{BP} & 0 \\ q_{MB} & -\sum_{s \neq M} q_{Ms} & q_{MP} & q_{MT} \\ q_{PB} & q_{PM} & -\sum_{s \neq P} q_{Ps} & q_{PT} \\ 0 & q_{TM} & q_{TP} & -\sum_{s \neq T} q_{Ts} \end{pmatrix}$$

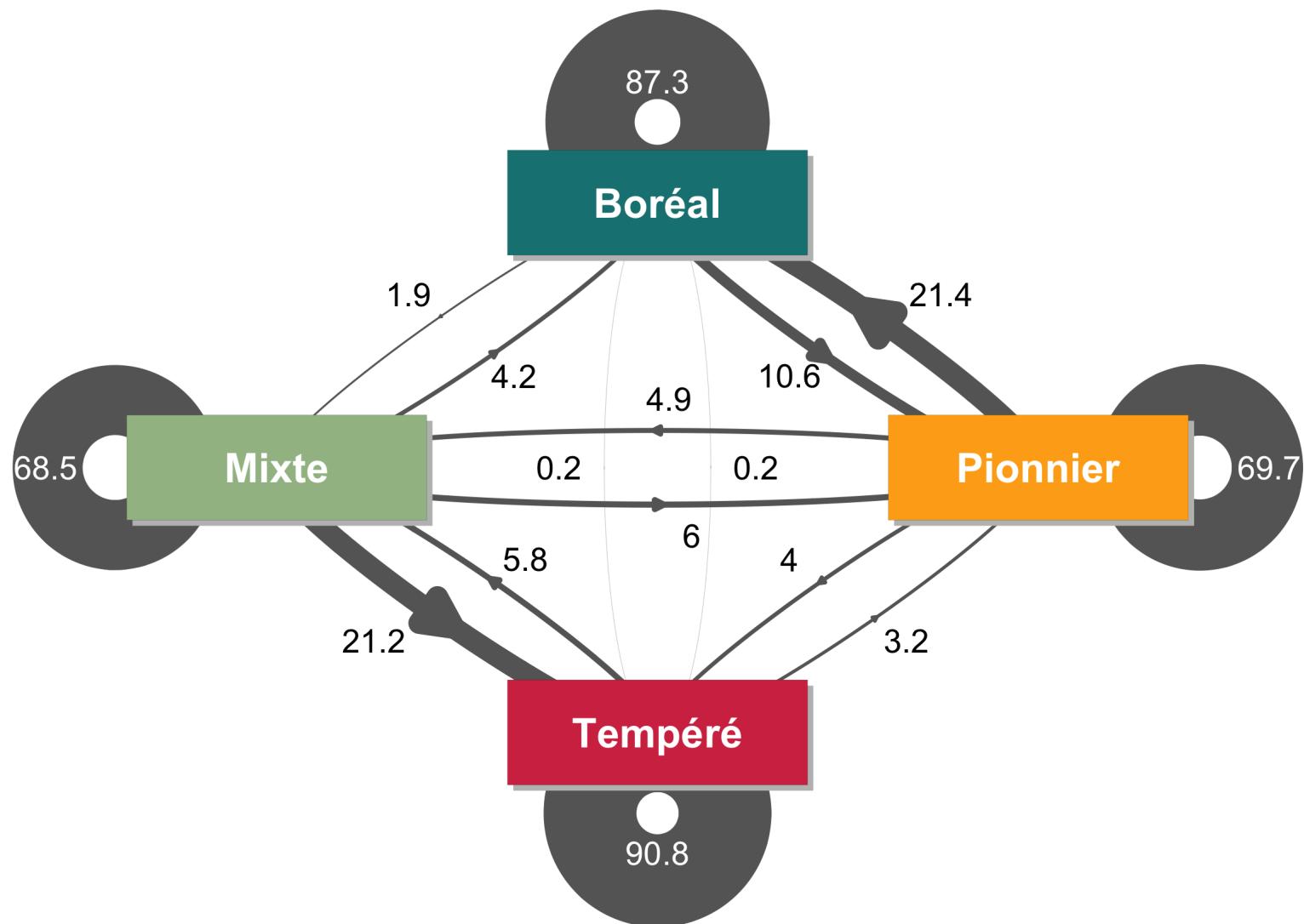
Pour les transitions entre tous les états sauf vers Pionnier:

$$q_{rs} = \text{baseline} \times \exp(\beta_c \times \text{climat} + \beta_p \times \text{perturbation} + \beta_s \times \text{sol})$$

Pour les transitions vers Pionnier:

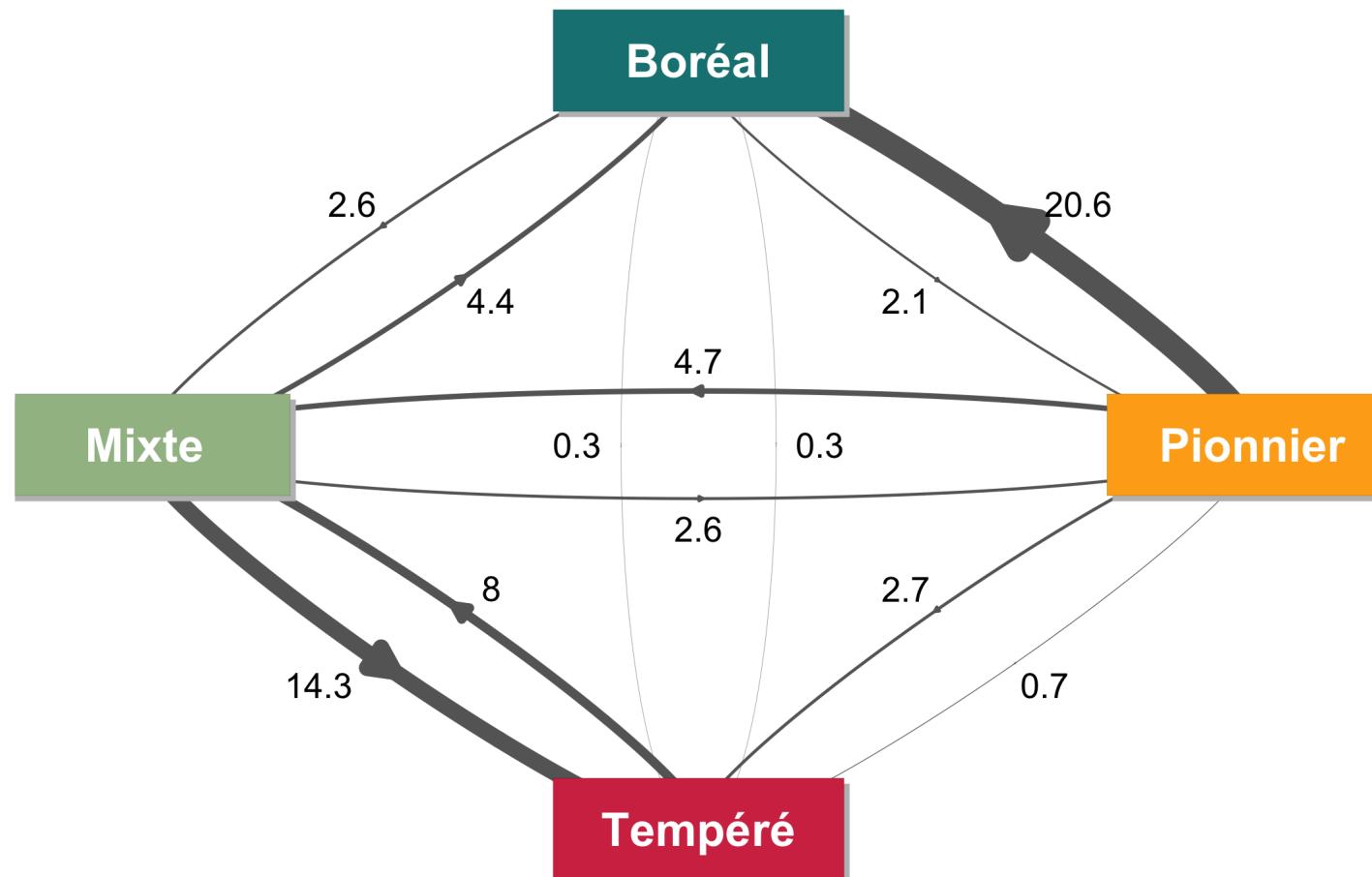
$$q_{rs} = \text{baseline} \times \exp(\beta_p \times \text{perturbation})$$

Transitions observées



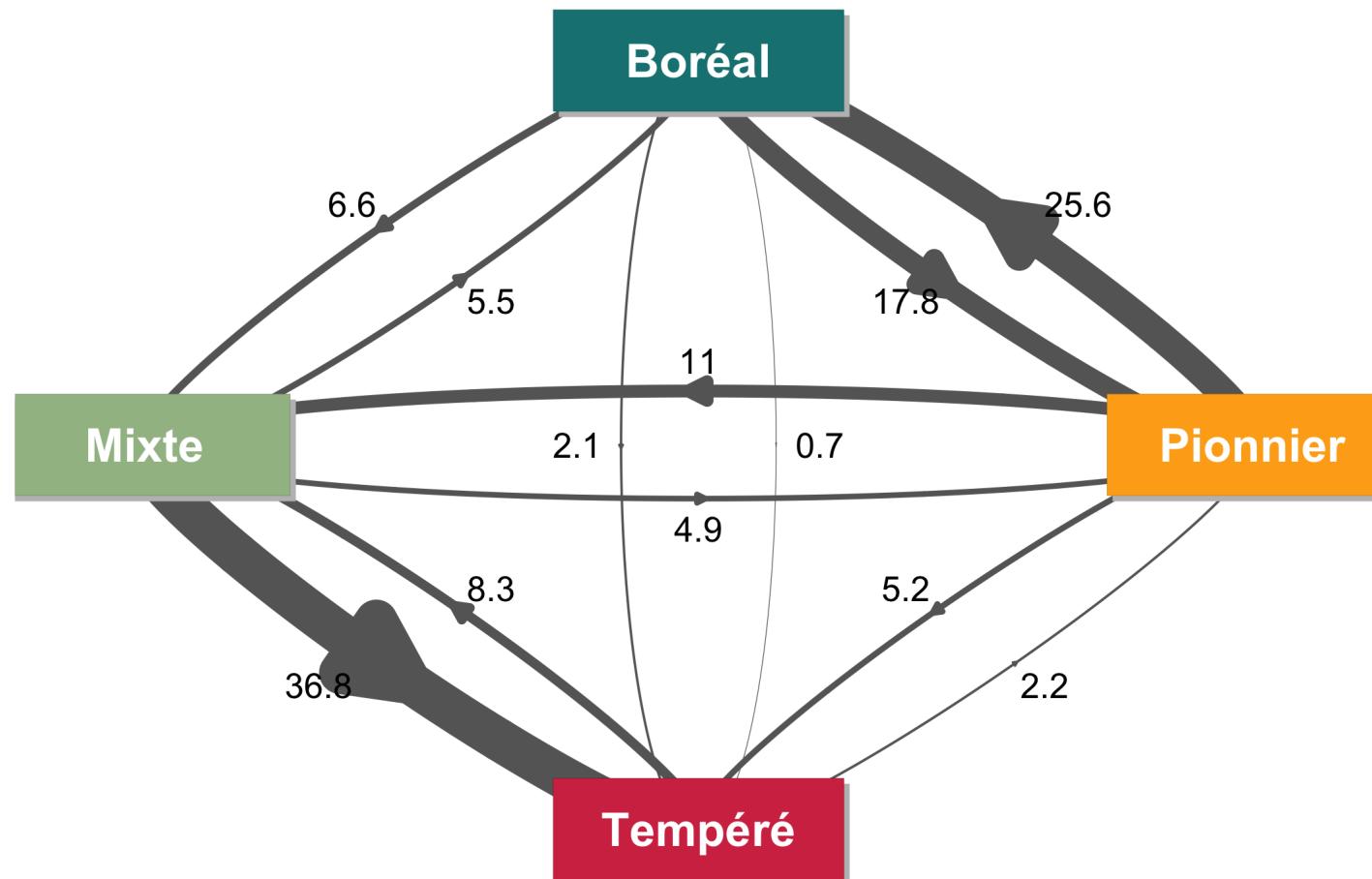
Probabilités de transitions

Peu ou pas de coupe



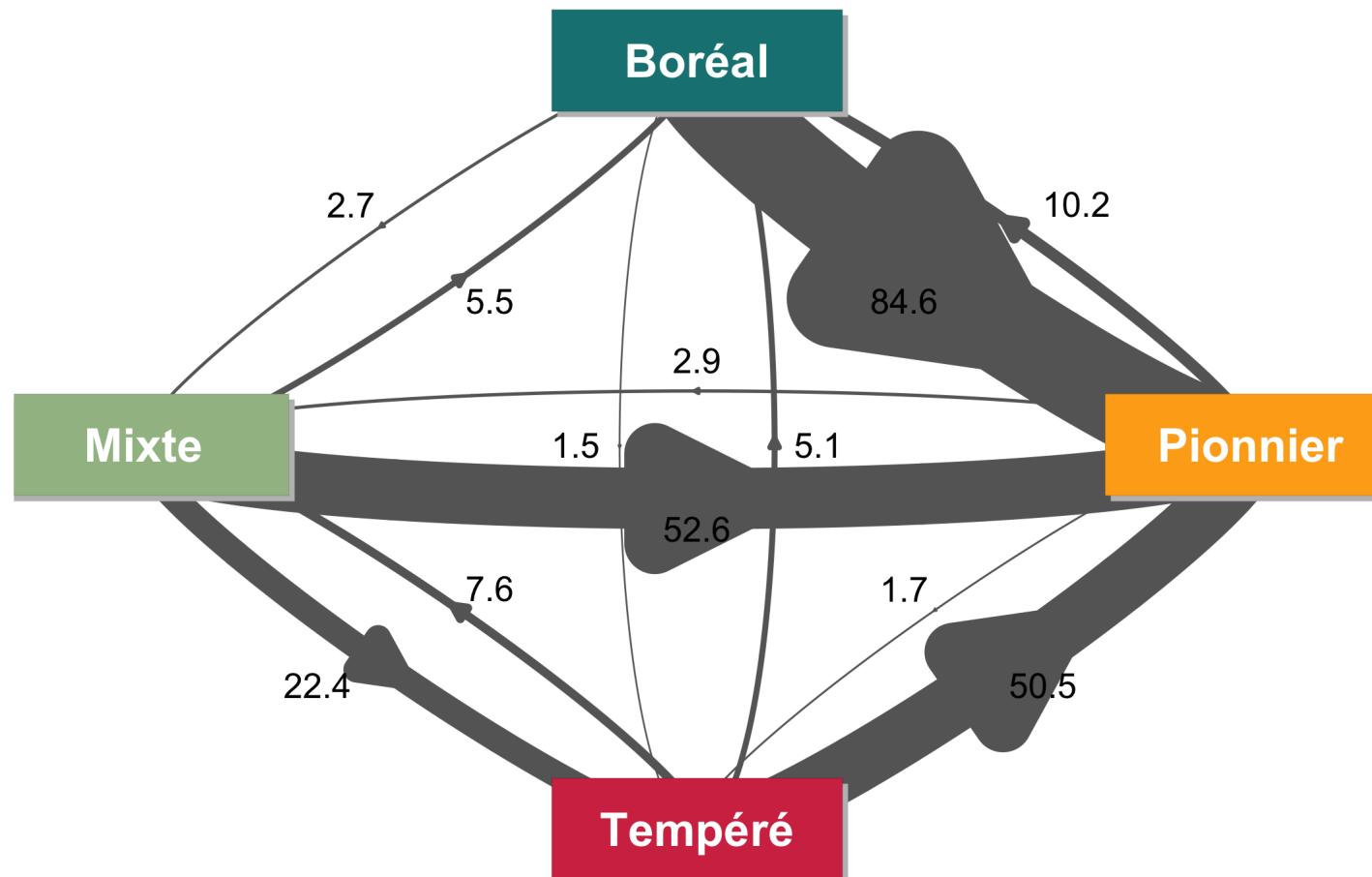
Probabilités de transitions

Coupes modérées

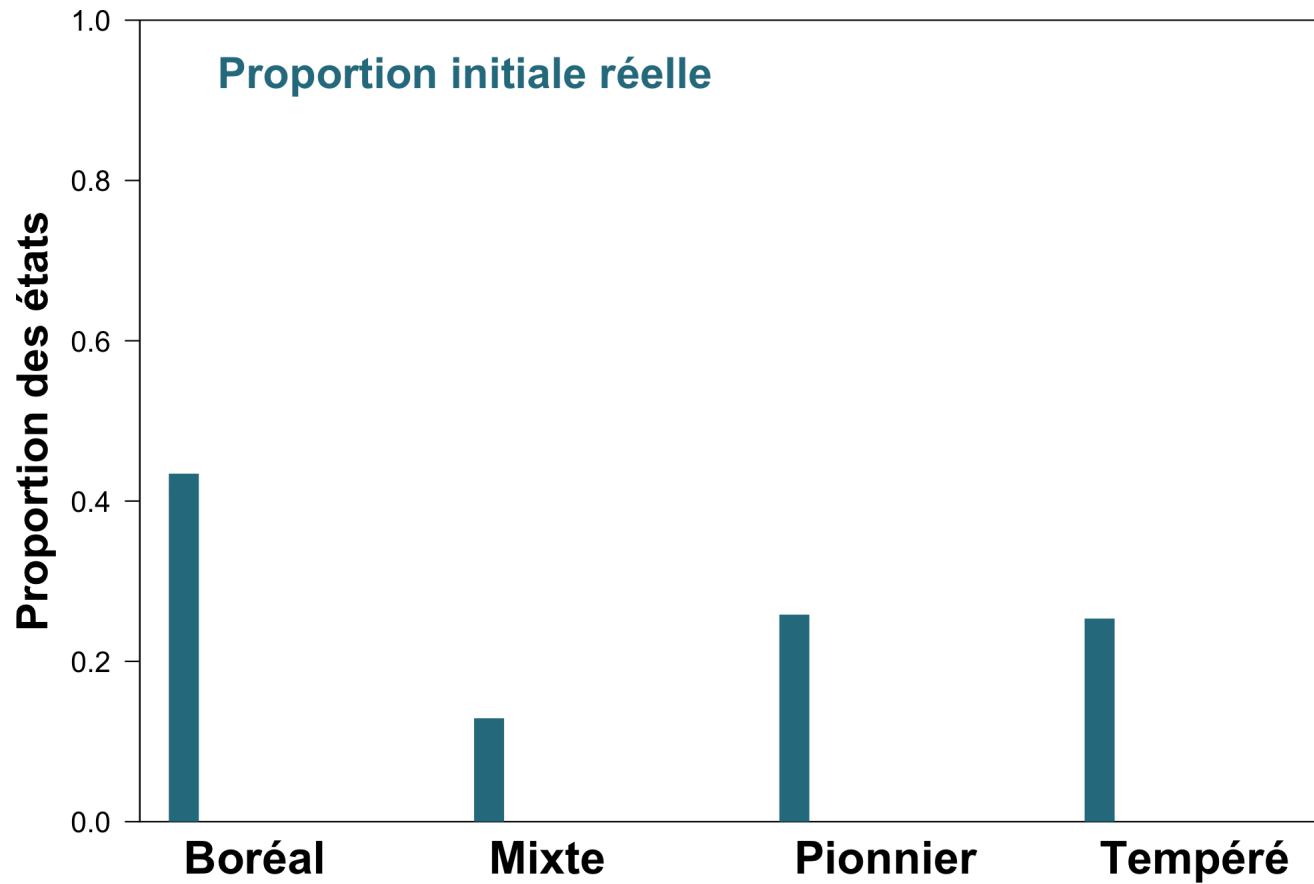


Probabilités de transitions

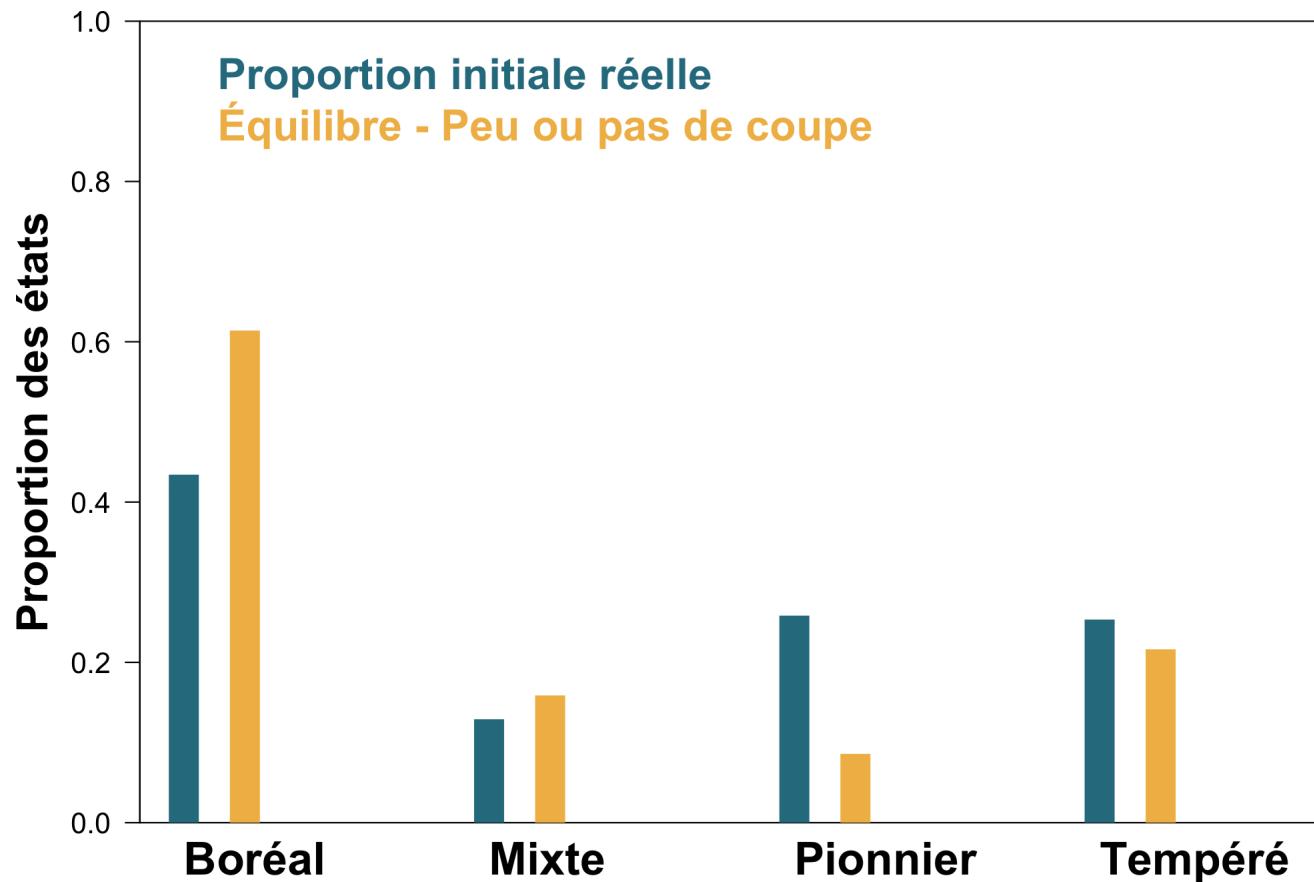
Coupes majeures



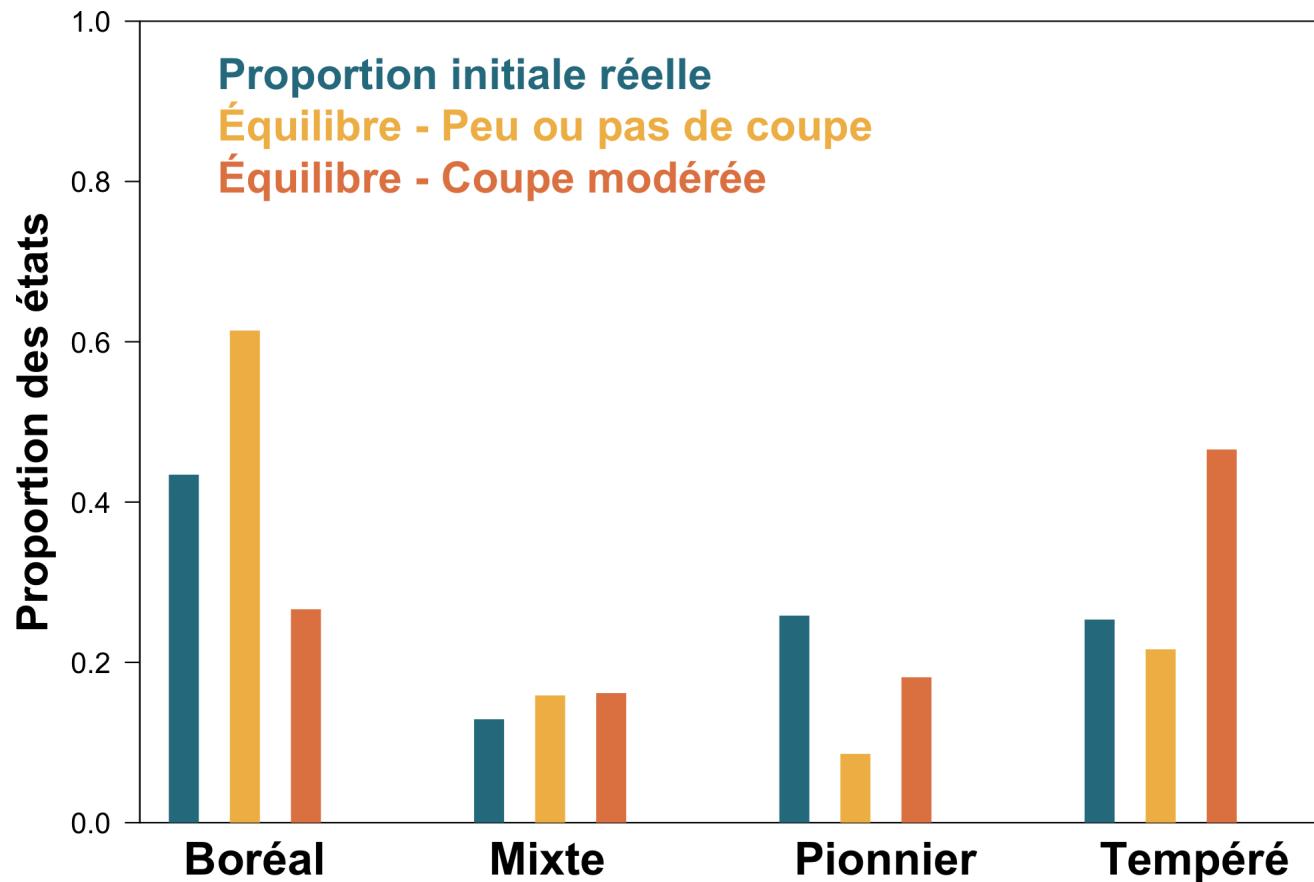
Proportion potentielle à l'équilibre



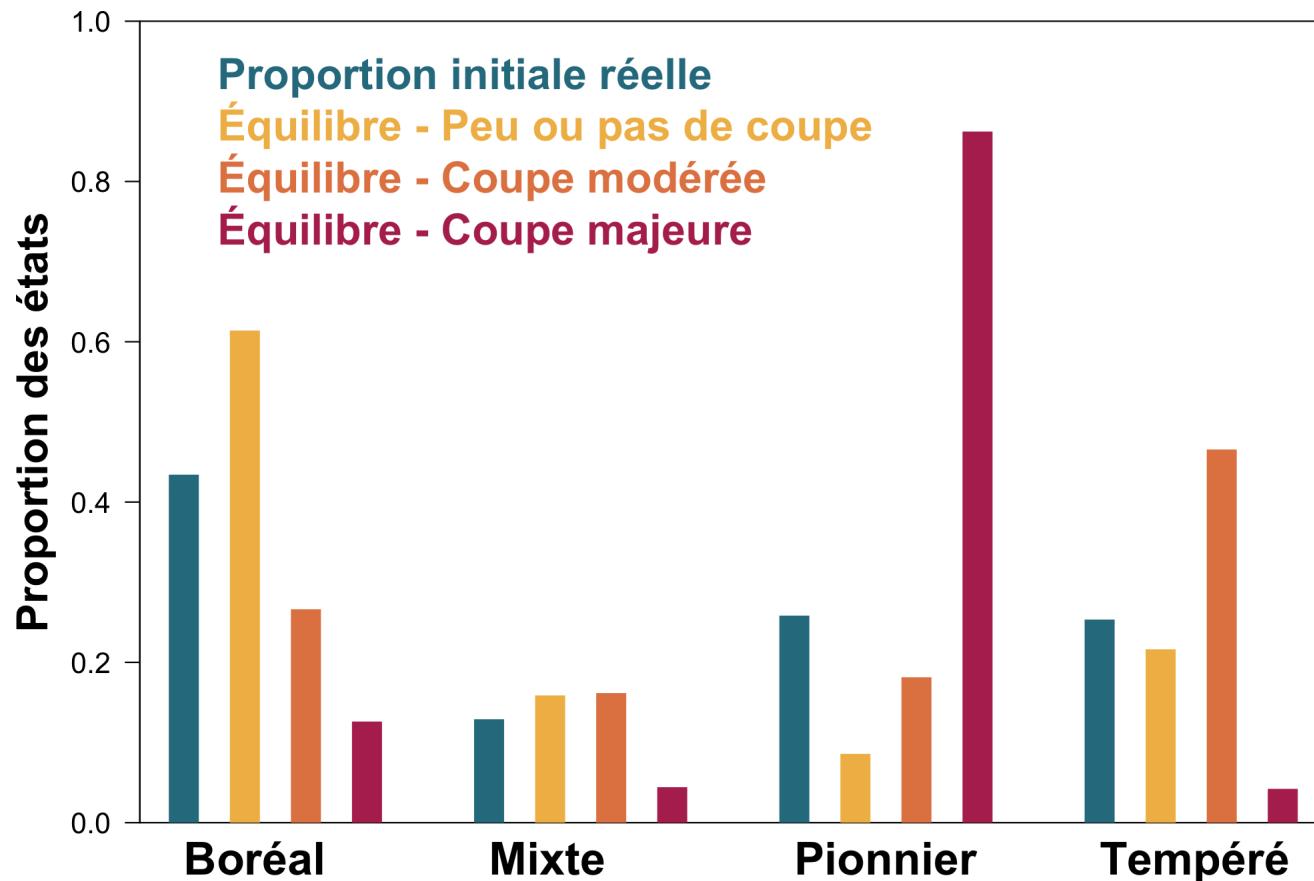
Proportion potentielle à l'équilibre



Proportion potentielle à l'équilibre

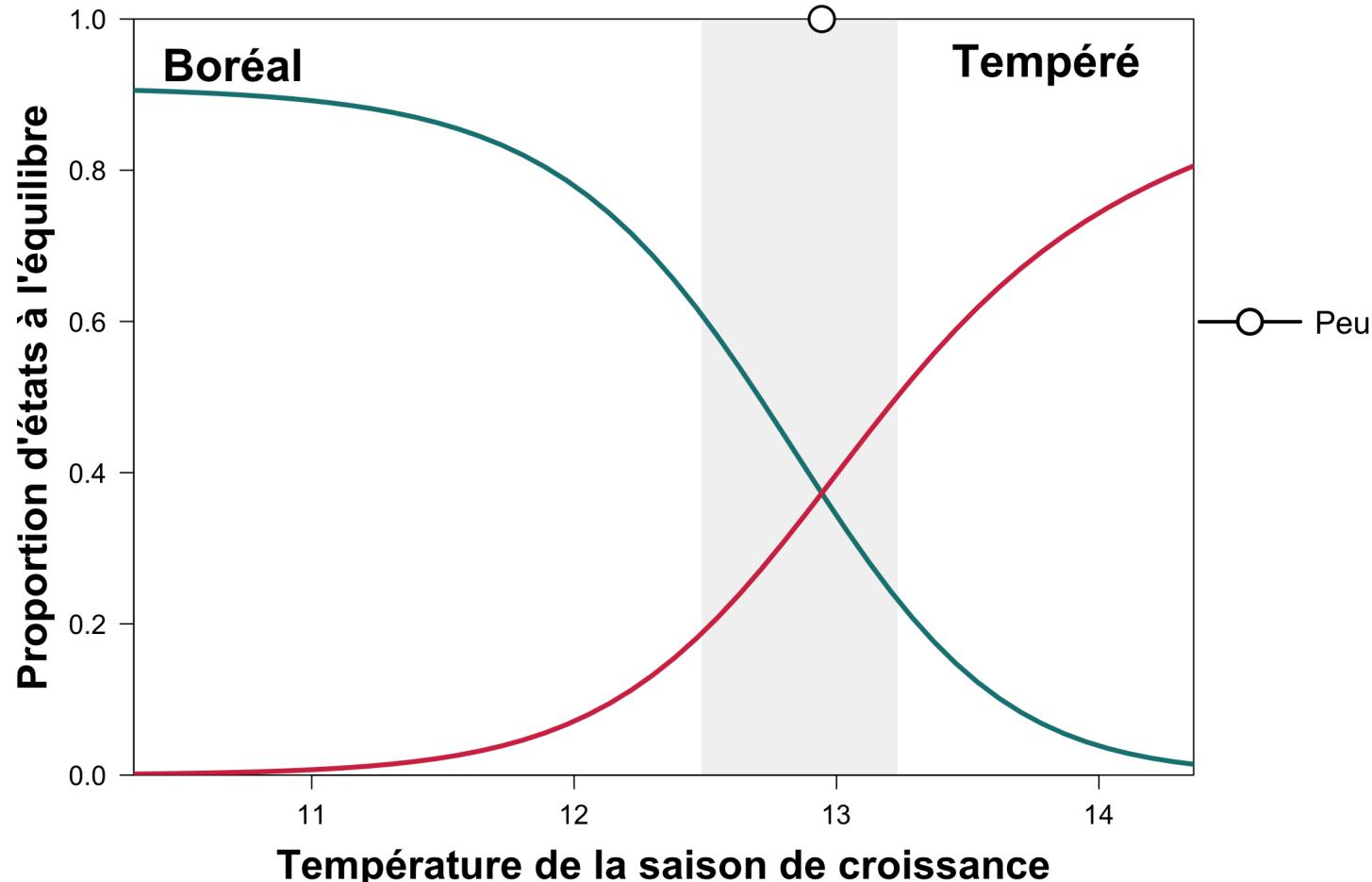


Proportion potentielle à l'équilibre



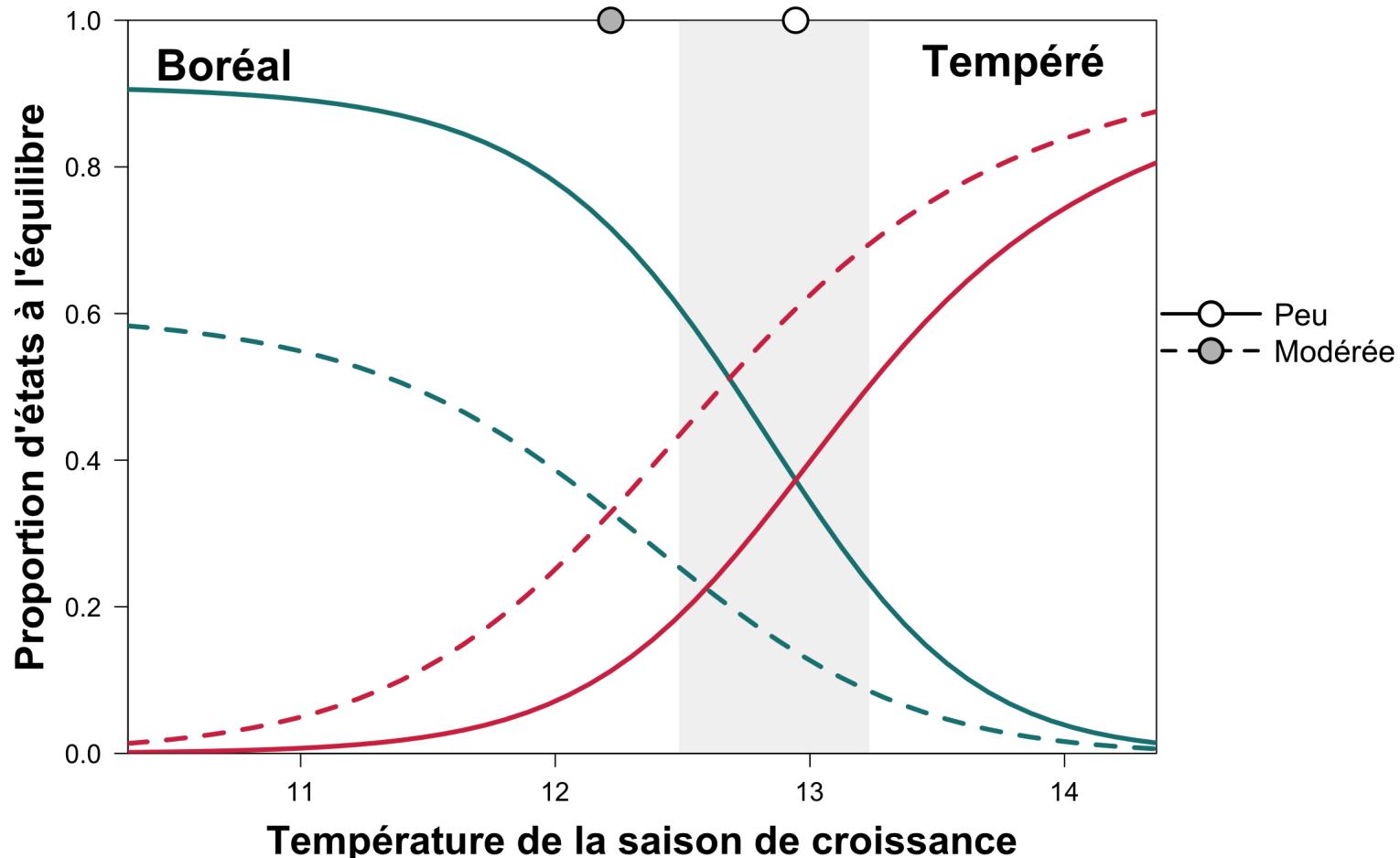
Déplacement de l'écotone à l'équilibre

Peu ou pas de coupe



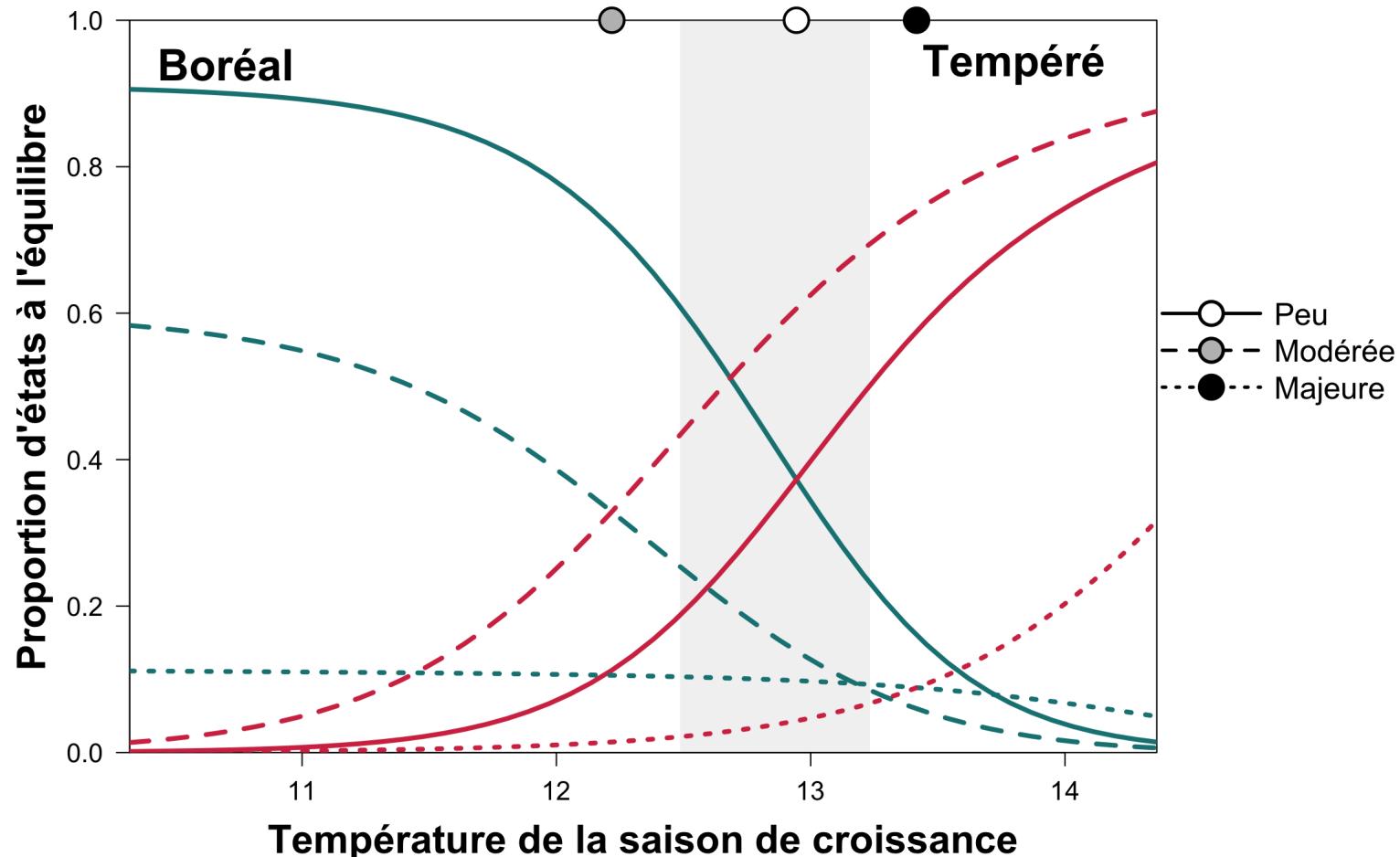
Déplacement de l'écotone à l'équilibre

Coupes modérées



Déplacement de l'écotone à l'équilibre

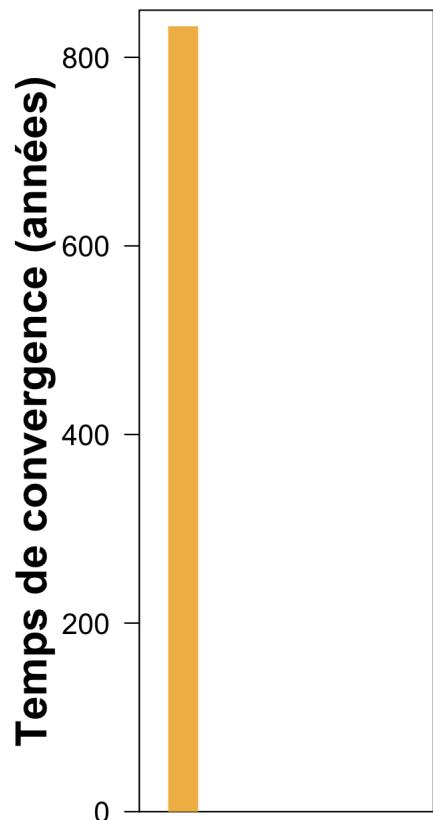
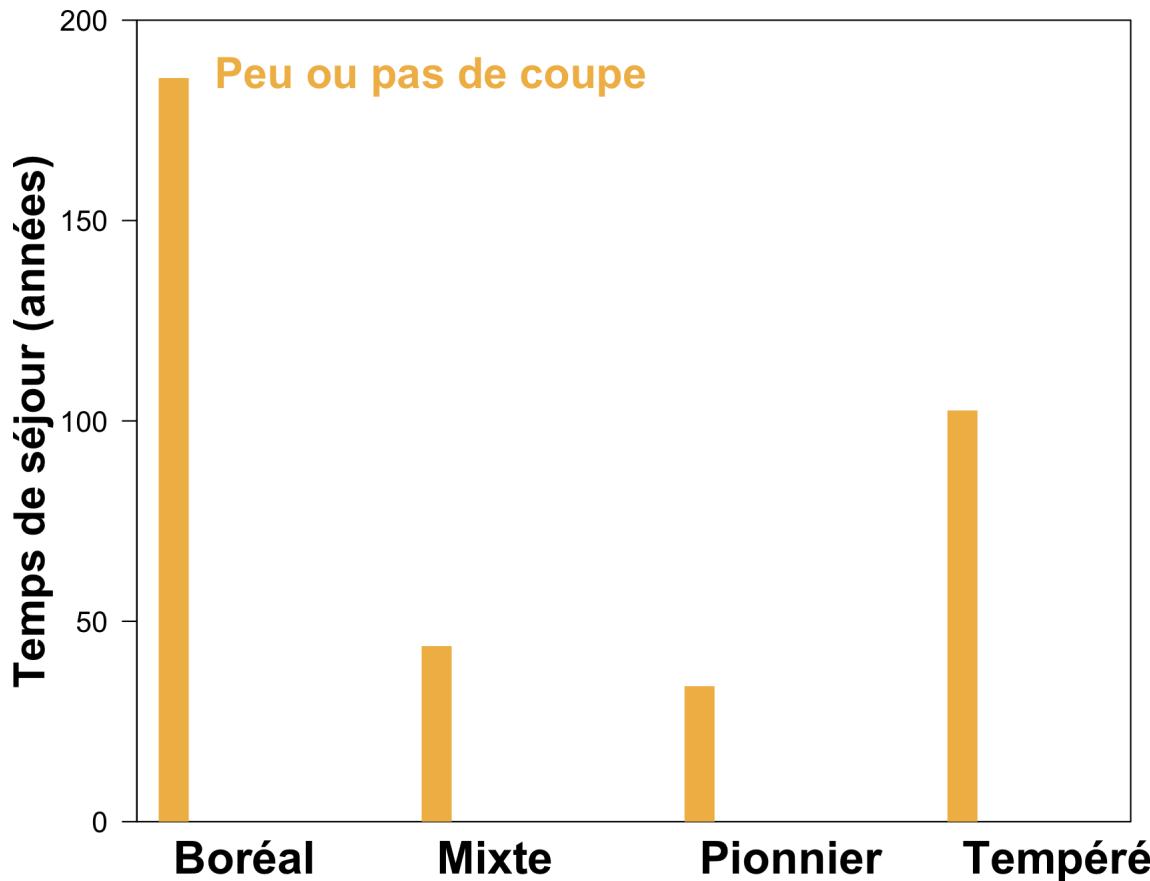
Coupes majeures



Dynamique transitoire

Temps de séjour → turnover; temps passé dans un état avant de faire une transition

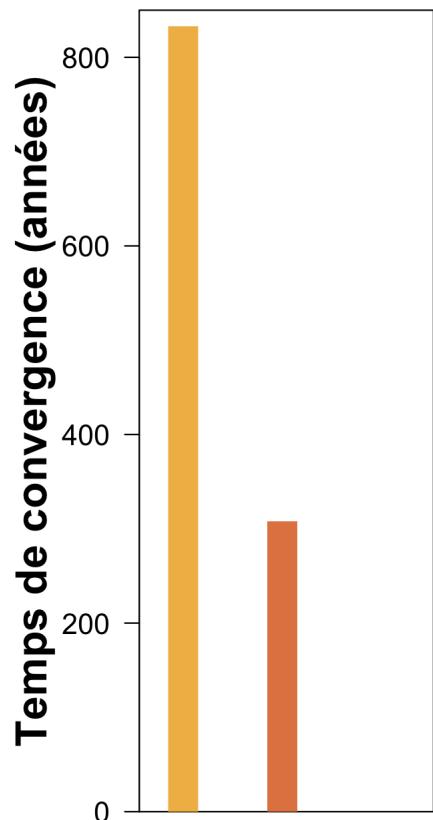
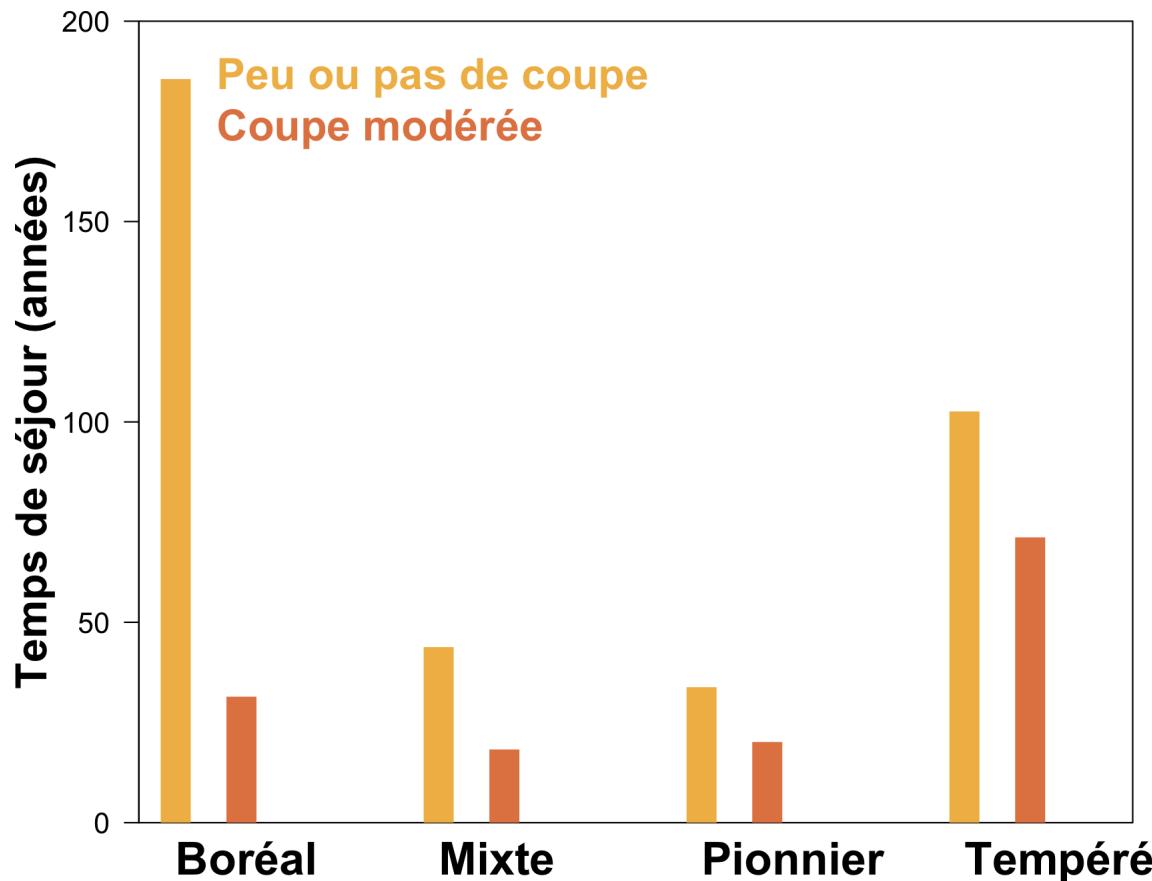
Temps de convergence → temps pour atteindre 90% de l'équilibre



Dynamique transitoire

Temps de séjour → turnover; temps passé dans un état avant de faire une transition

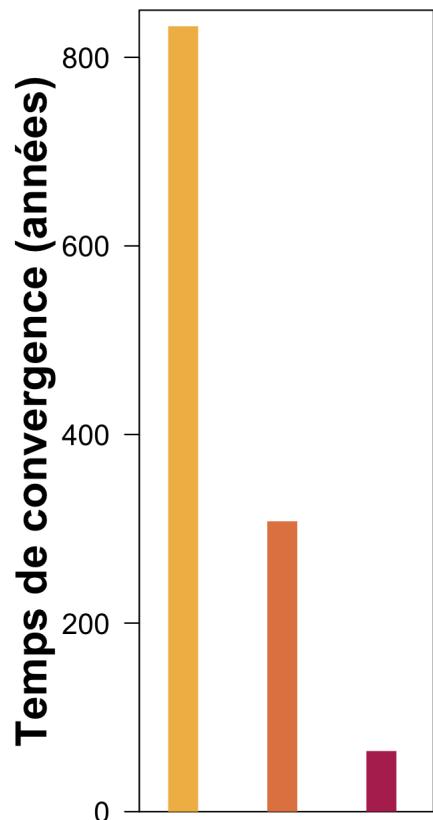
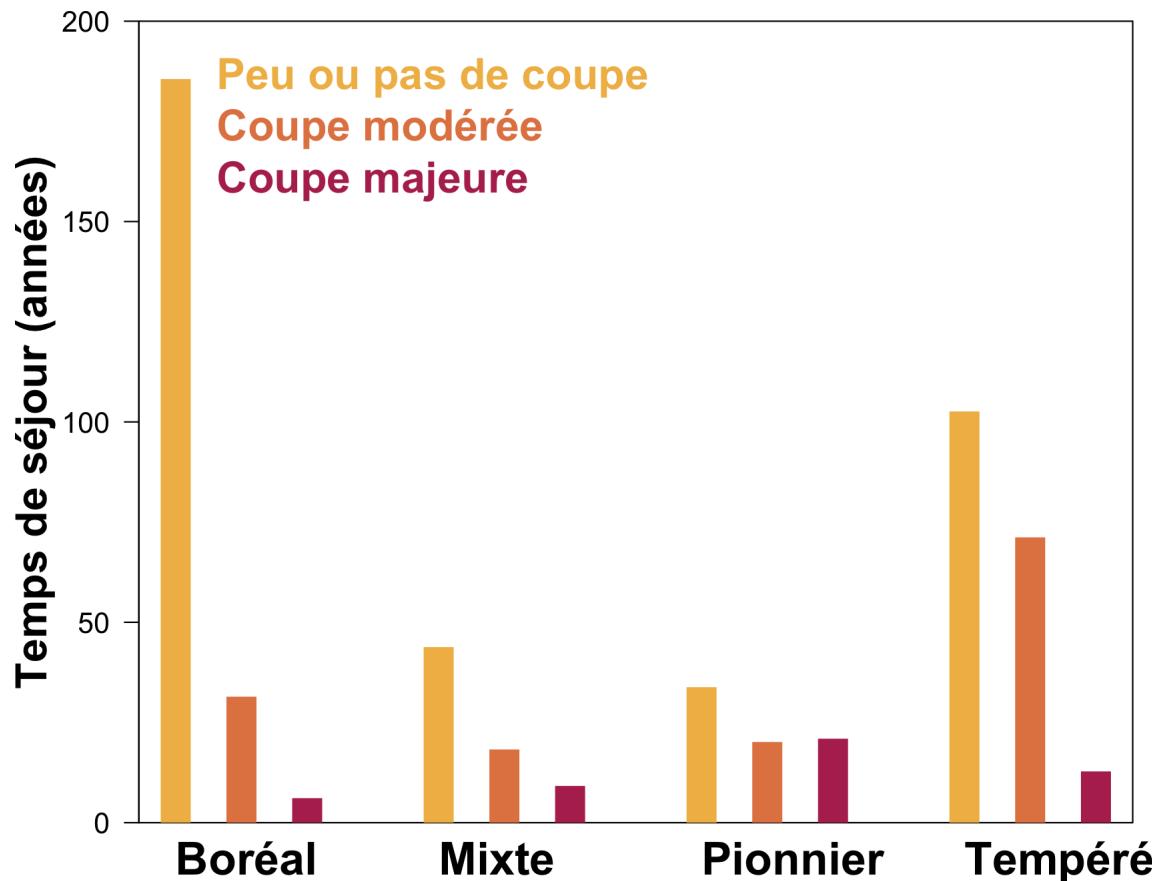
Temps de convergence → temps pour atteindre 90% de l'équilibre



Dynamique transitoire

Temps de séjour → turnover; temps passé dans un état avant de faire une transition

Temps de convergence → temps pour atteindre 90% de l'équilibre



Conclusions

- ① Est-ce que la dynamique de transitions des forêts est influencée par le changement climatique récent?

Possiblement, mais difficilement sans perturbations.

- ② Est-ce que les perturbations peuvent favoriser certaines transitions?

Oui. Les perturbations modérées, pas majeures, favorisent les transitions Mixte-Tempéré et Boréal-Mixte.

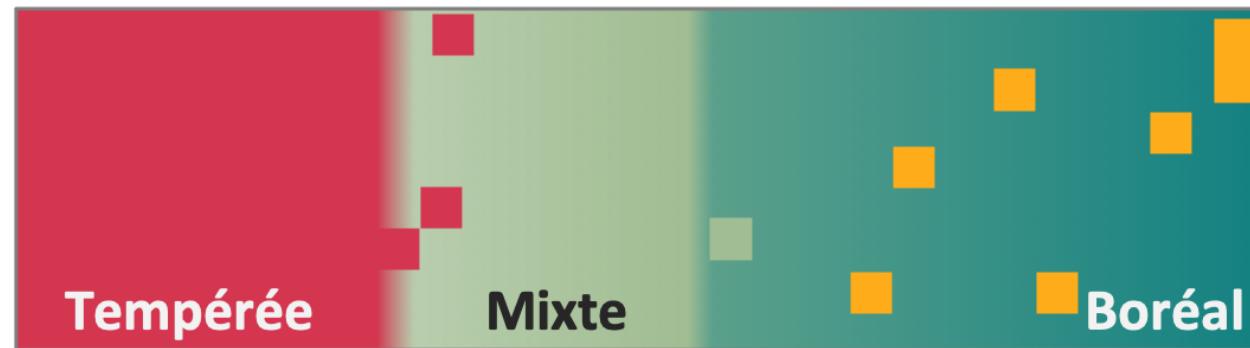
- ③ Quel est l'impact de différentes intensités de perturbation sur l'équilibre et la dynamique transitoire ?

Les perturbations modérées, pas majeures, tendent à faire augmenter la proportion de Tempéré à l'équilibre, déplaçant l'écotone vers le nord.

Les perturbations modérées, pas majeures, accélèrent la dynamique transitoire.

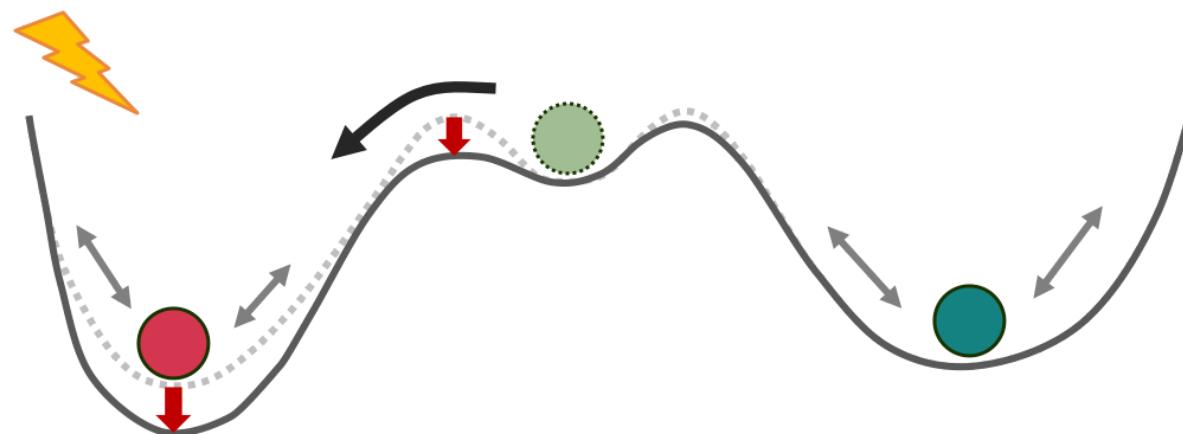
Conclusions

États alternatifs stables *sans* changements climatiques



Conclusions

États alternatifs stables avec changements climatiques



Résultats du modèle msm

