

Contraintes et moteurs des changements dans les forêts du Québec

Marie-Hélène Brice

Pierre Legendre, Marie-Josée Fortin

github.com/mhBrice/talk_transition



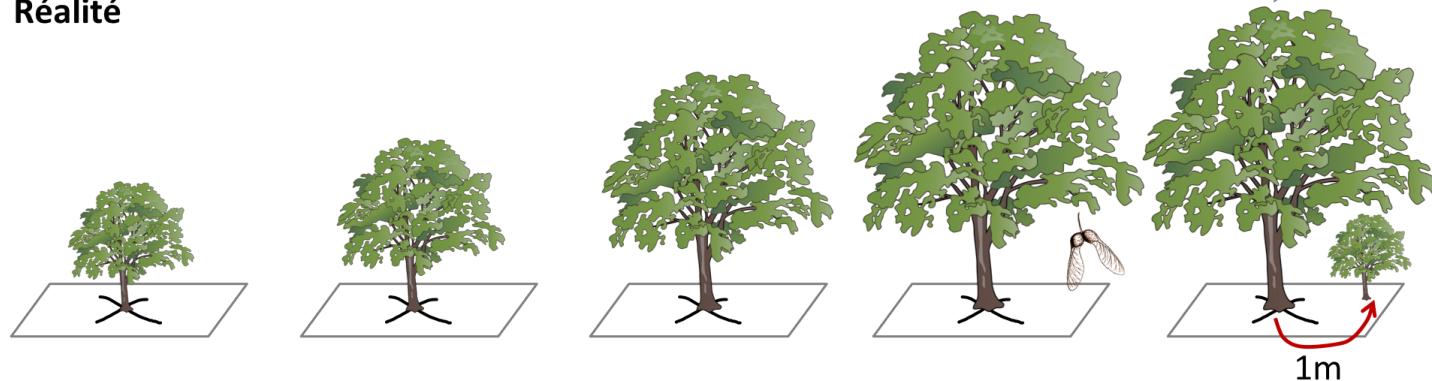
Contraintes à la migration

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

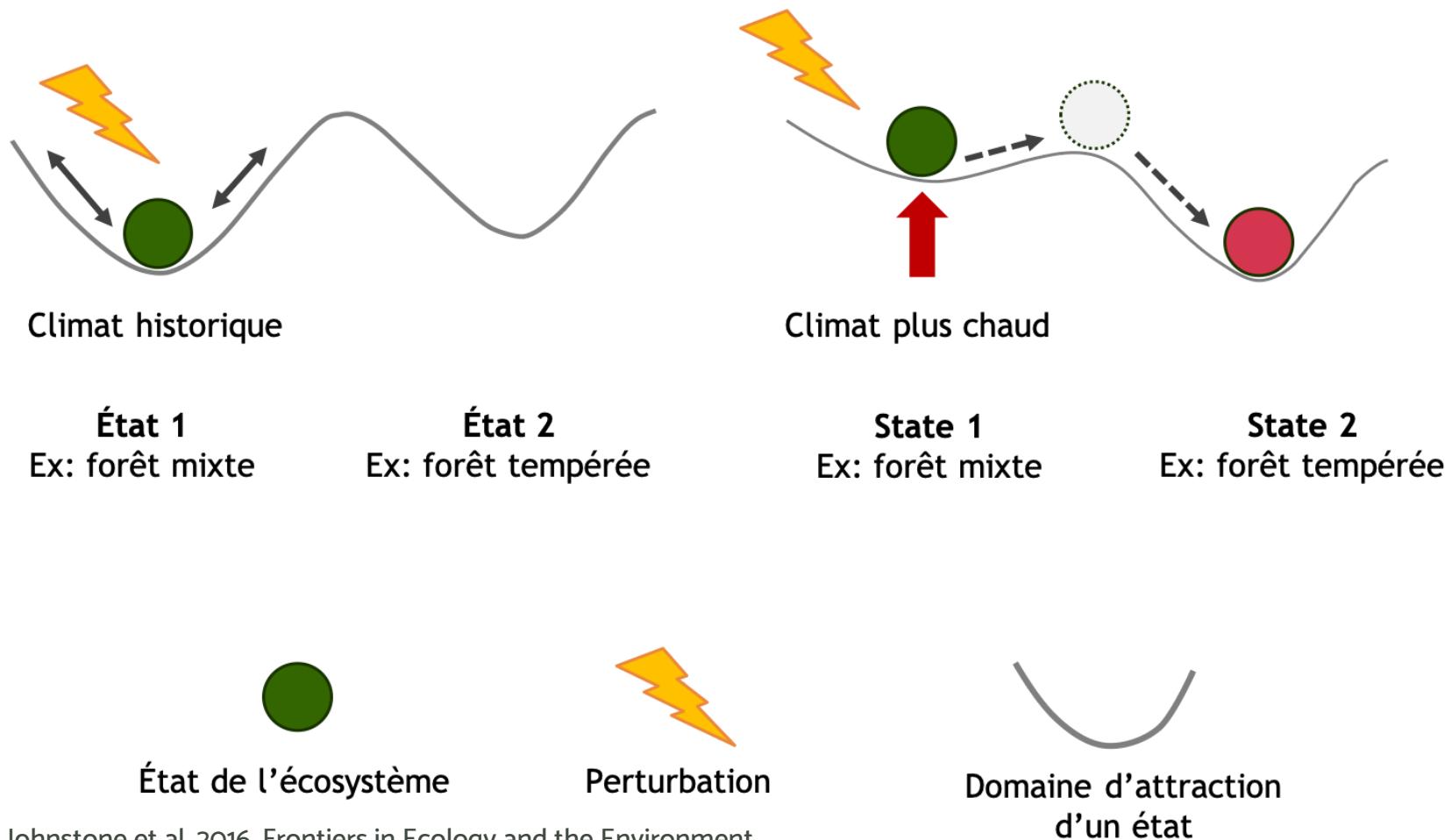
Prédiction



Réalité



États alternatifs stables



Objectifs de la thèse

Comprendre et démêler l'influence du climat et des perturbations sur les changements dans les communautés forestières selon 3 points de vue différents :

Chapitre ① Changements de composition des forêts avec la diversité β temporelle et un indice de thermophilization.

Chapitre ② Dynamique de transition des forêts en 4 états.

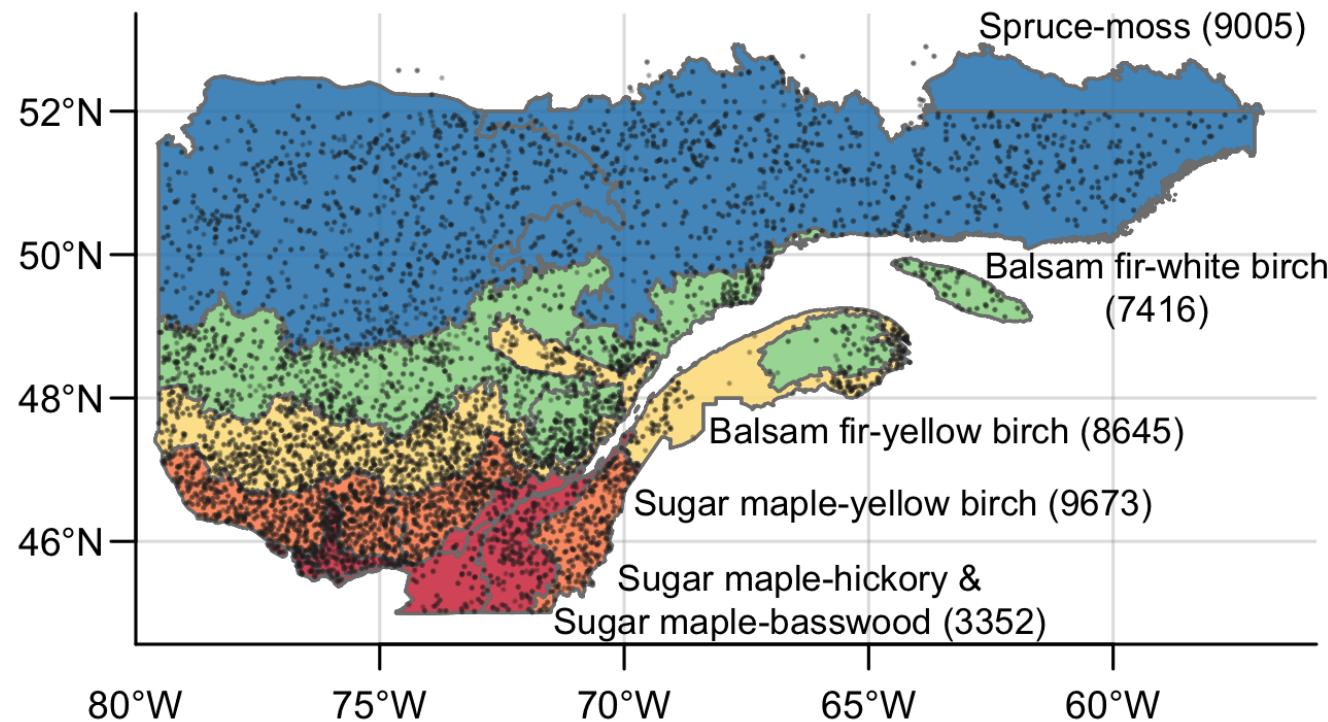
Chapitre ③ Recrutement des espèces tempérées à leur limite nord.



Données des inventaires forestiers

Inventaires forestiers du Québec Méridional

- 12000+ placettes-échantillon permanentes échantillonnées durant 5 grands inventaires entre 1970 et 2018 (par le MFFPQ)
- Sélection de 11058 placettes inventoriées au moins 2 fois chacune

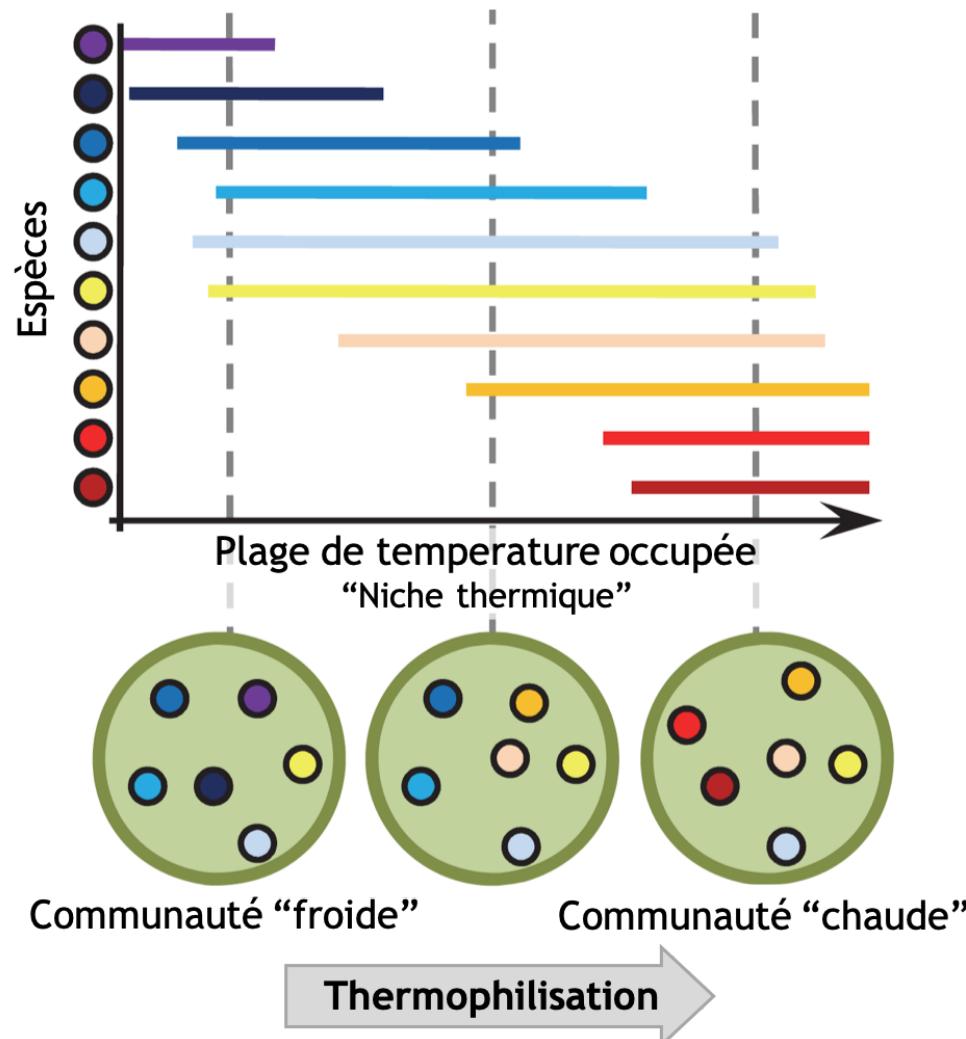


Chapitre 1

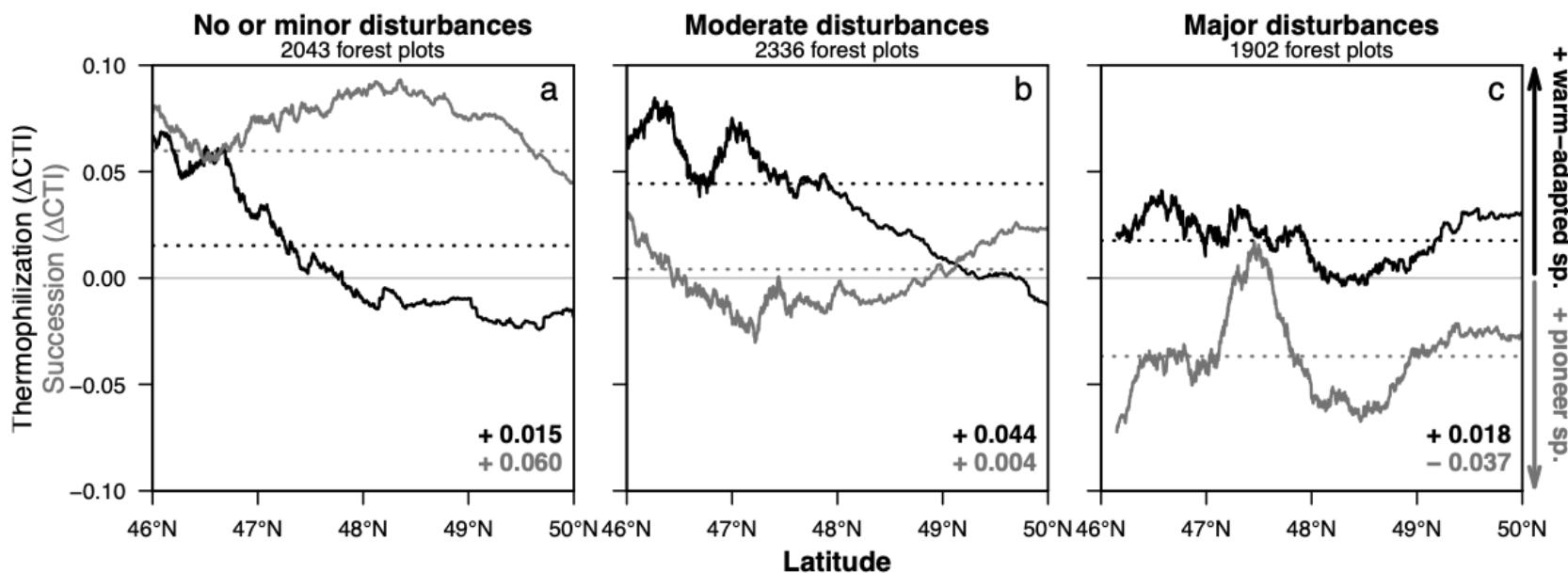
Changements de composition des forêts



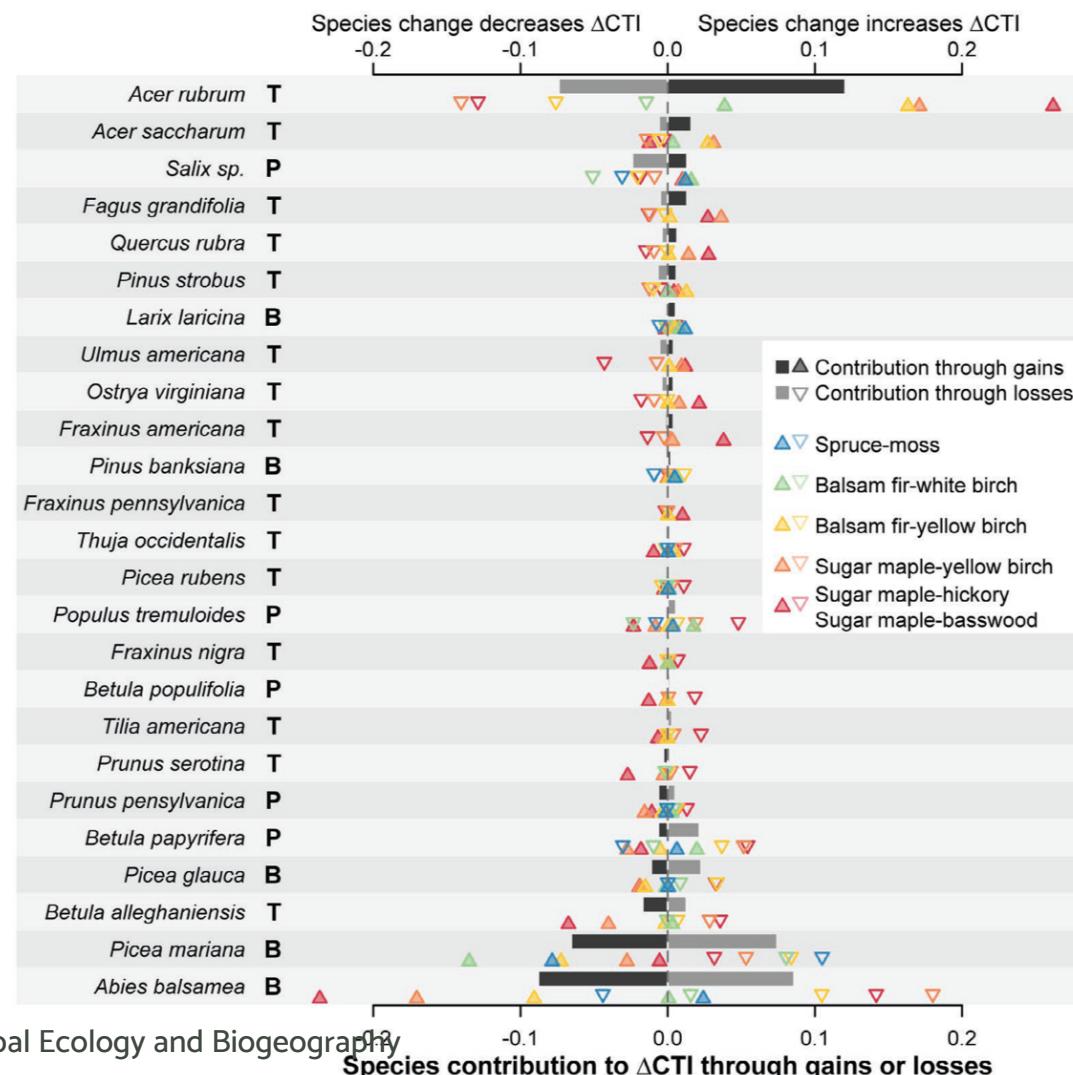
Thermophilisation des communautés



Thermophilisation des communautés



Thermophilisation des communautés



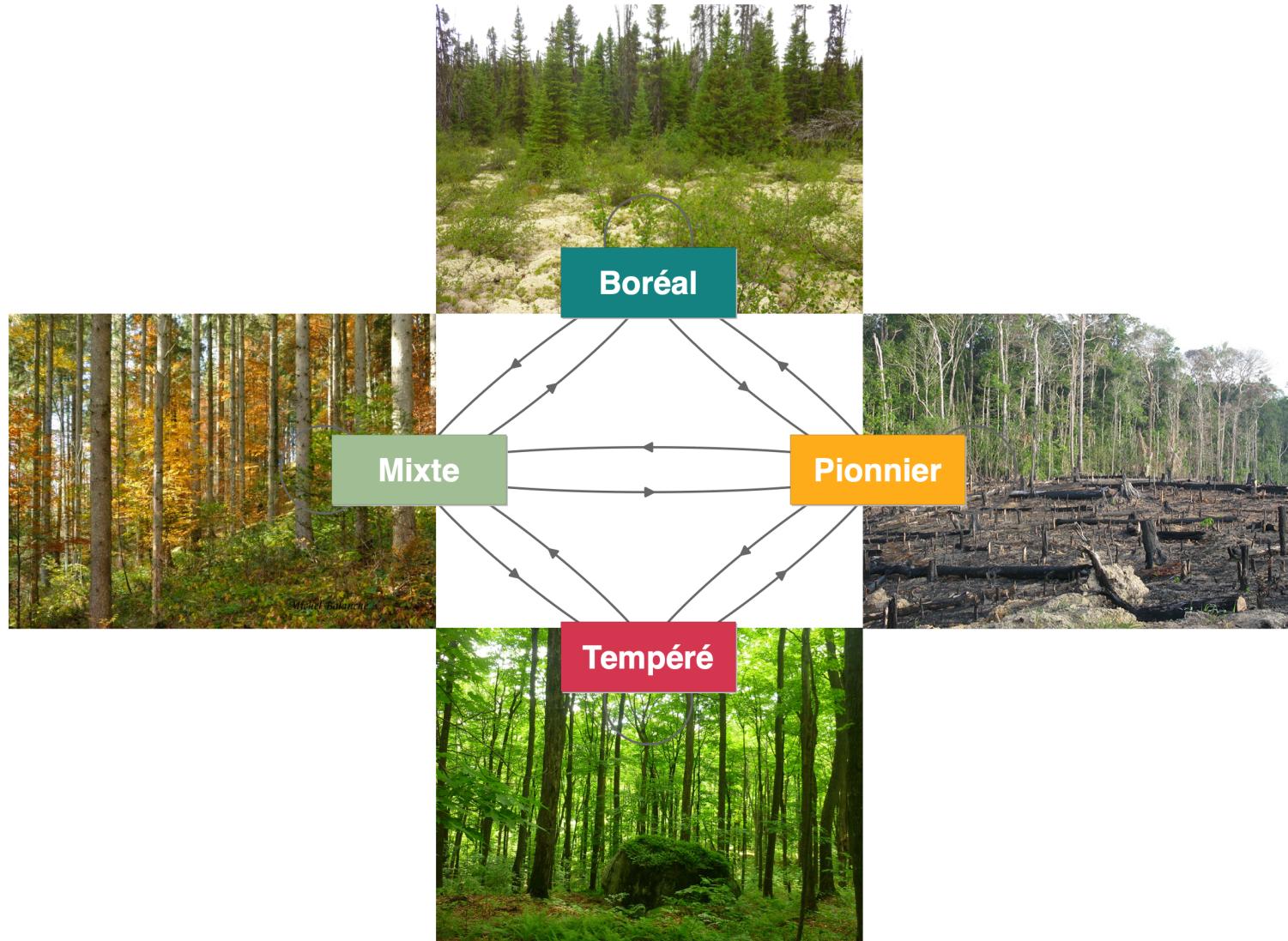


Chapitre 2

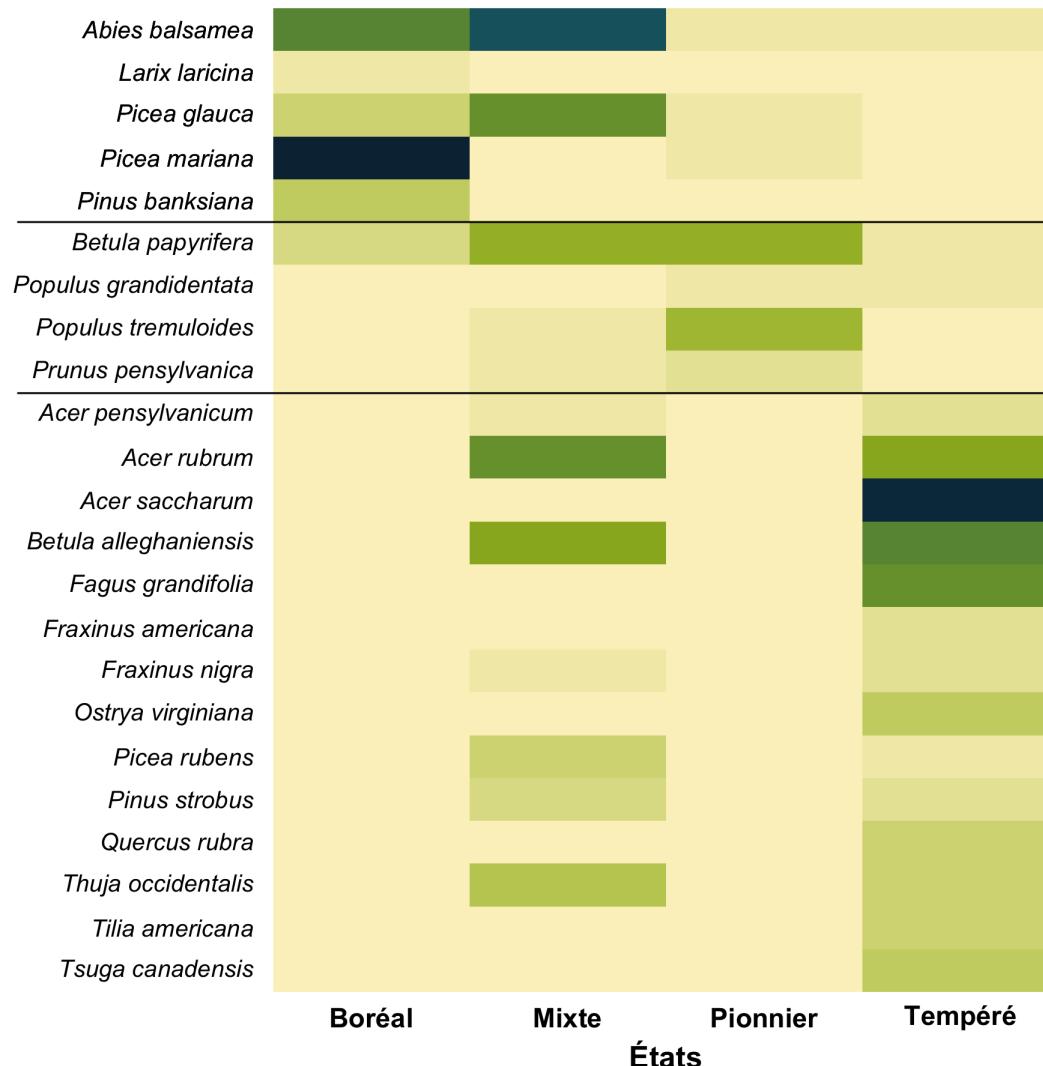
Dynamique de transition des forêts



Données des inventaires forestiers



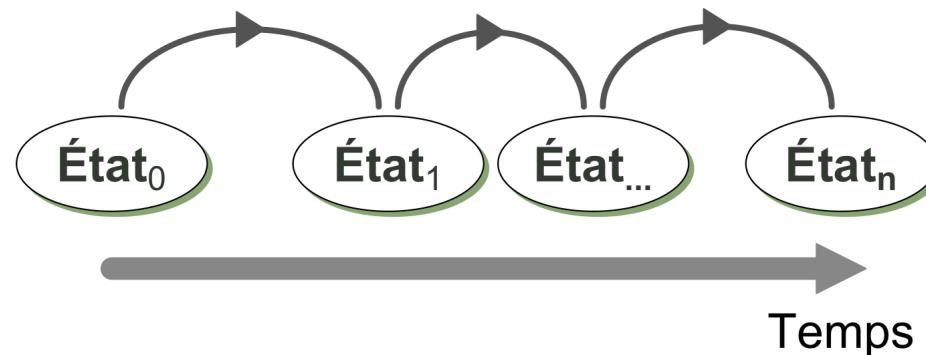
Données des inventaires forestiers



Données des inventaires forestiers

ID_PE	year	Temperate	Pioneer	Boreal	states	temperature	CMI	natural	logging	drainage	pH
7000400302	1970	14.7078445	0.0000000	0.0000000	Temperate	0.223851750	0.0005149369	0	1	-0.1440728	-0.13704815
7000400302	1978	21.1005888	0.0000000	0.0000000	Temperate	0.590594147	0.6141900129	0	0	-0.1440728	-0.13704815
7000400302	1985	25.2364473	0.0000000	0.0000000	Temperate	0.169970548	0.5340148439	0	2	-0.1440728	-0.13704815
7000400302	1997	1.8384781	0.0000000	0.0000000	Pioneer	0.555831727	0.5861171706	0	0	-0.1440728	-0.13704815
7000400302	2008	4.3808318	0.1848695	0.0000000	Pioneer	0.610582422	0.7099612310	0	0	-0.1440728	-0.13704815
7000400401	1970	9.5892833	0.2782376	4.8473773	Mixed	0.002242405	0.4004665953	0	0	-0.1440728	-0.30975287
7000400401	1978	14.9260766	0.6826752	9.1840204	Mixed	0.375067926	1.1064470803	0	0	-0.1440728	-0.30975287
7000400401	1985	17.0369764	1.0641639	12.6804887	Mixed	-0.021222178	1.0365537633	0	0	-0.1440728	-0.30975287
7000400401	1997	20.7619331	1.7646600	12.8125832	Mixed	0.351603343	1.0811468849	0	0	-0.1440728	-0.30975287
7000400401	2008	23.1632130	1.4343352	1.5659189	Temperate	0.415044476	1.1988680392	0	0	-0.1440728	-0.30975287
7000400402	1970	12.7696127	0.2125145	8.2409089	Mixed	0.002242405	0.0333243809	0	0	-0.1440728	-0.30975287
7000400402	1978	18.5170525	0.0000000	10.0387939	Mixed	0.375067926	0.6948273066	0	0	-0.1440728	-0.30975287
7000400402	1985	21.6495583	0.1848695	10.8561769	Mixed	-0.021222178	0.6071429280	0	1	-0.1440728	-0.30975287
7000400402	1997	15.2087940	0.0000000	0.2125145	Temperate	0.351603343	0.6275910632	0	1	-0.1440728	-0.30975287
7000400402	2008	14.1158848	1.9589410	0.1773246	Temperate	0.415044476	0.7711901116	0	0	-0.1440728	-0.30975287

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)

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

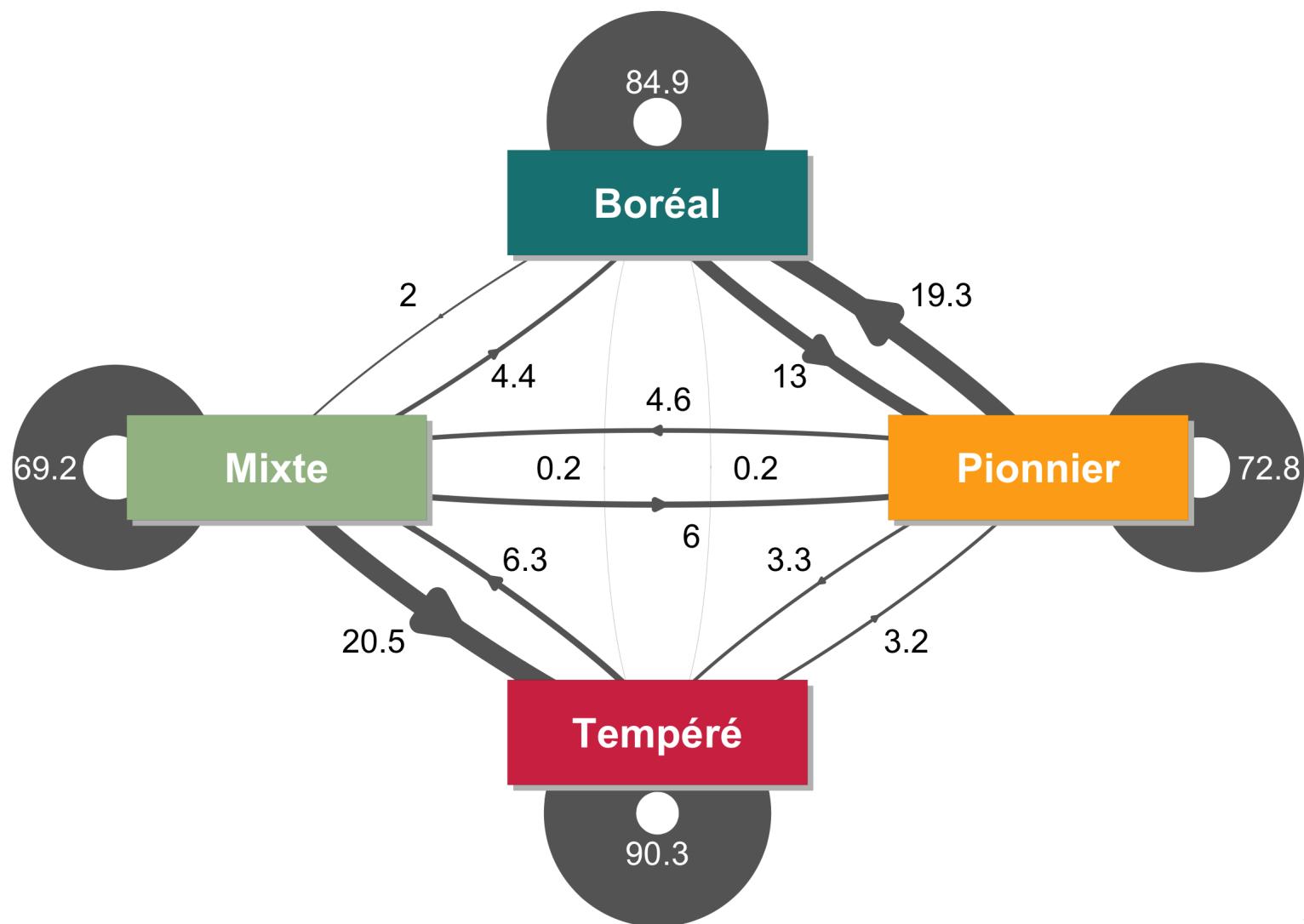
Pour les transitions entre tous les états sauf vers Pionnier:

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

Pour les transitions vers Pionnier:

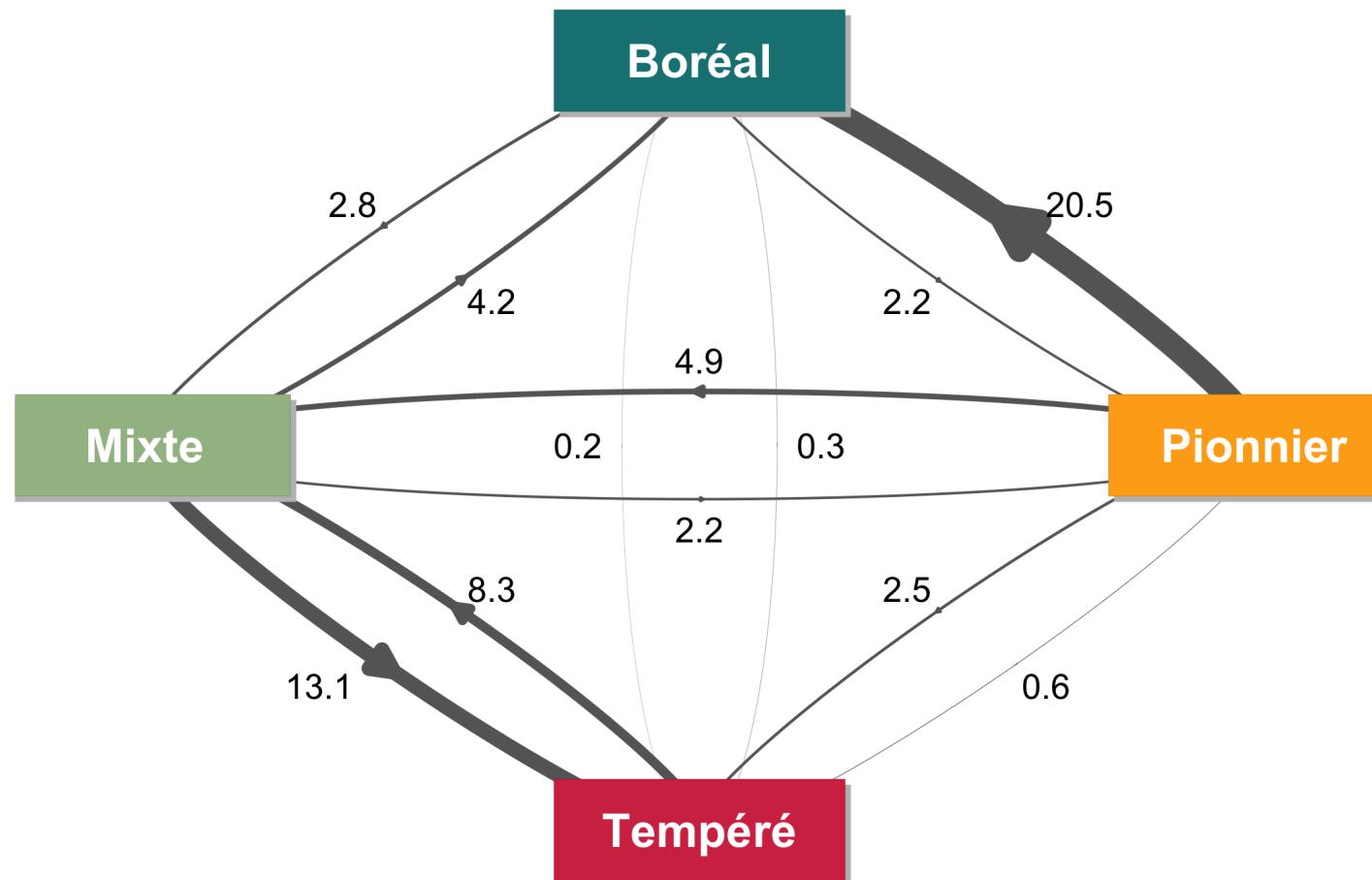
$$q_{rs} = \text{baseline} \times \exp(\beta_p \times \text{perturbation})$$

Transitions observées



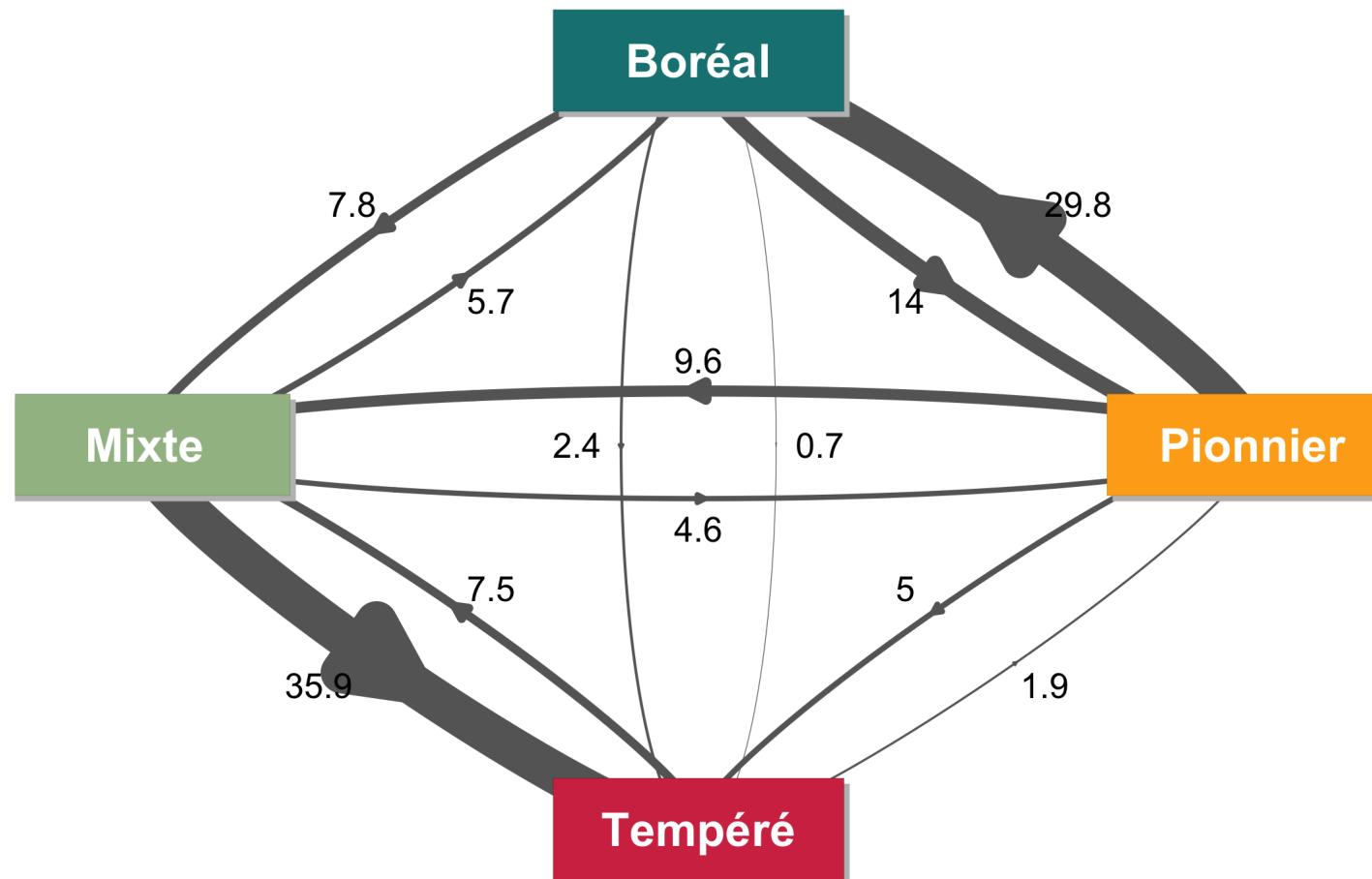
Probabilités de transitions

Peu ou pas de coupe



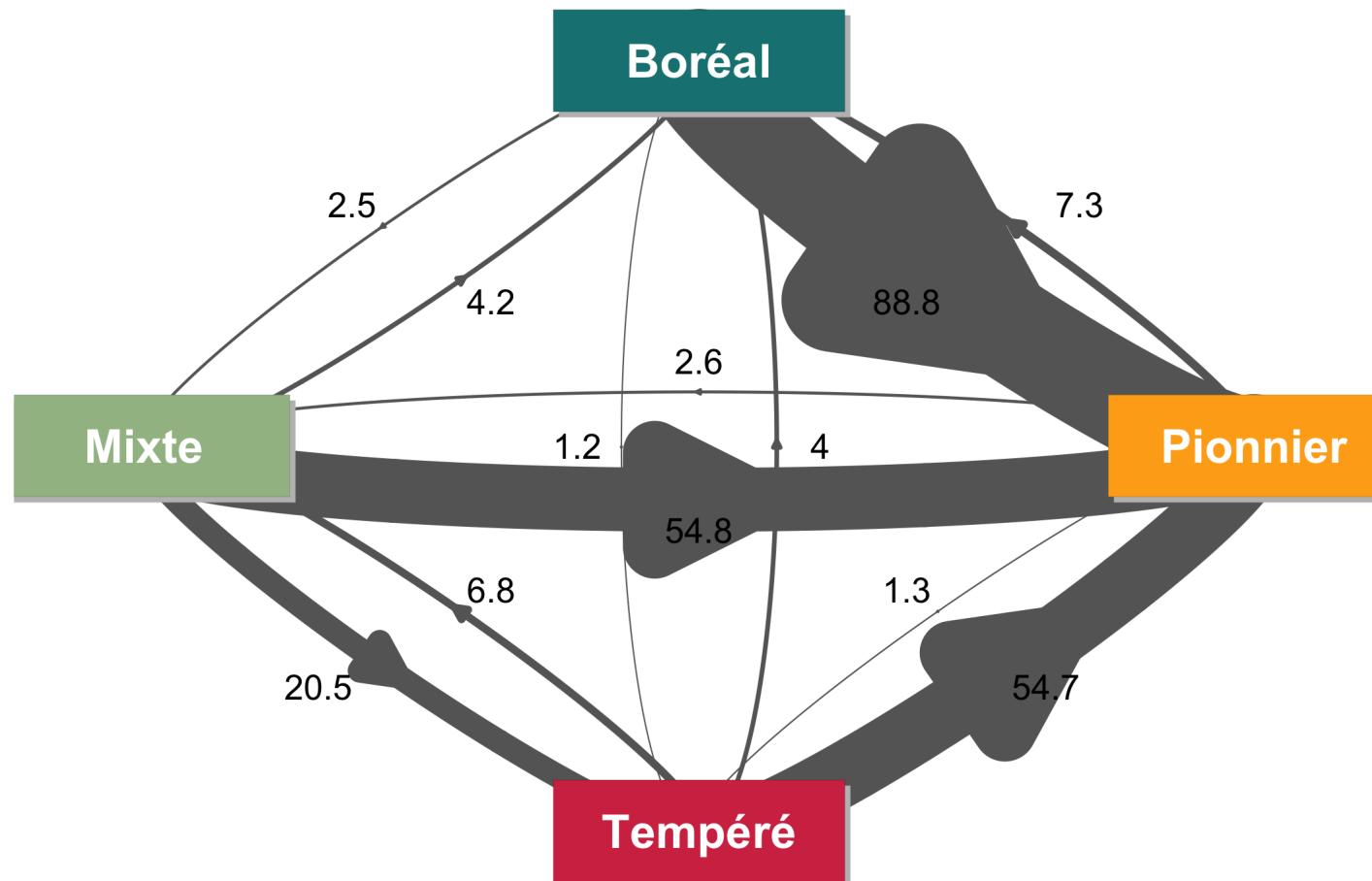
Probabilités de transitions

Coupes modérées



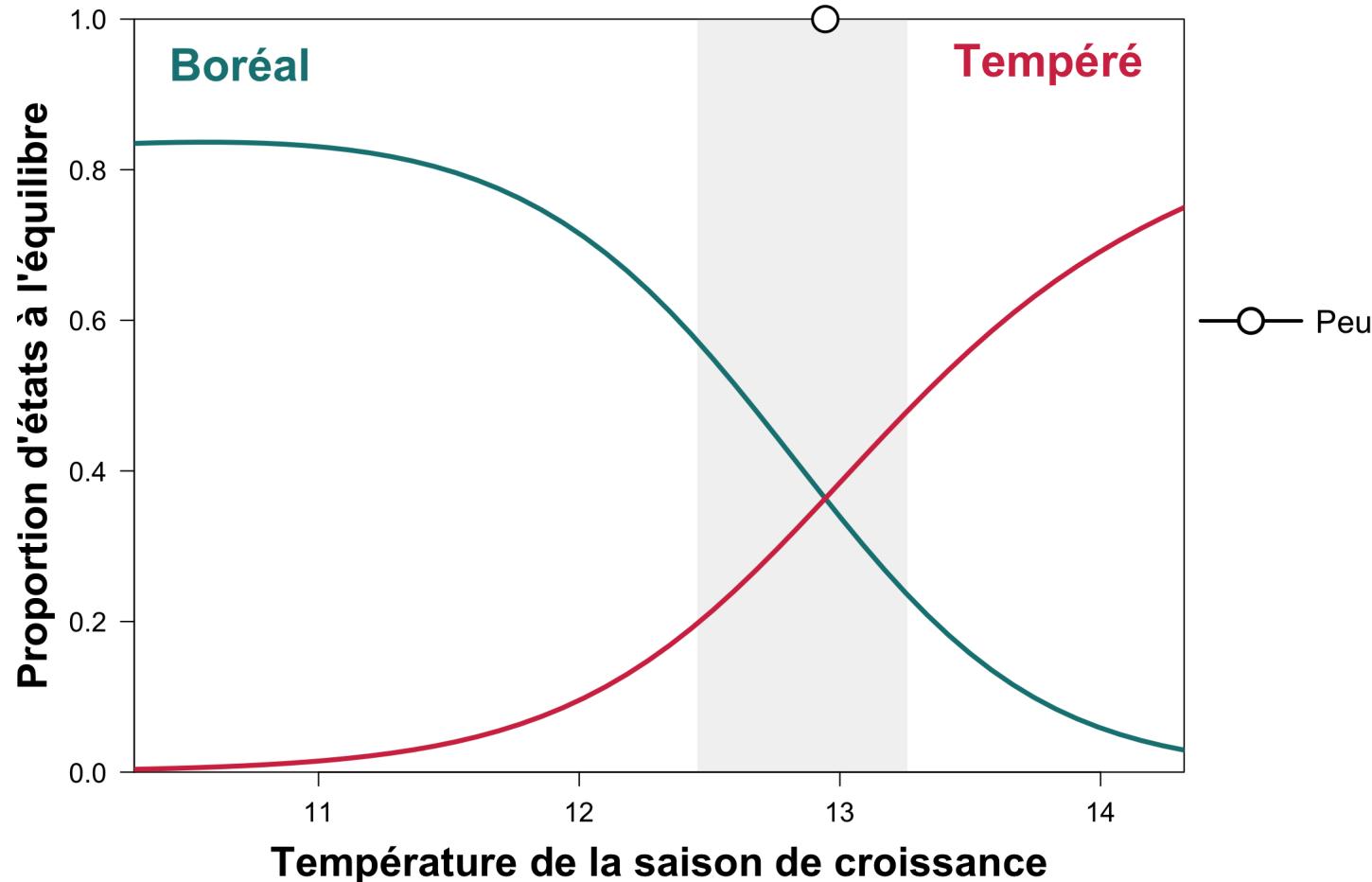
Probabilités de transitions

Coupes majeures



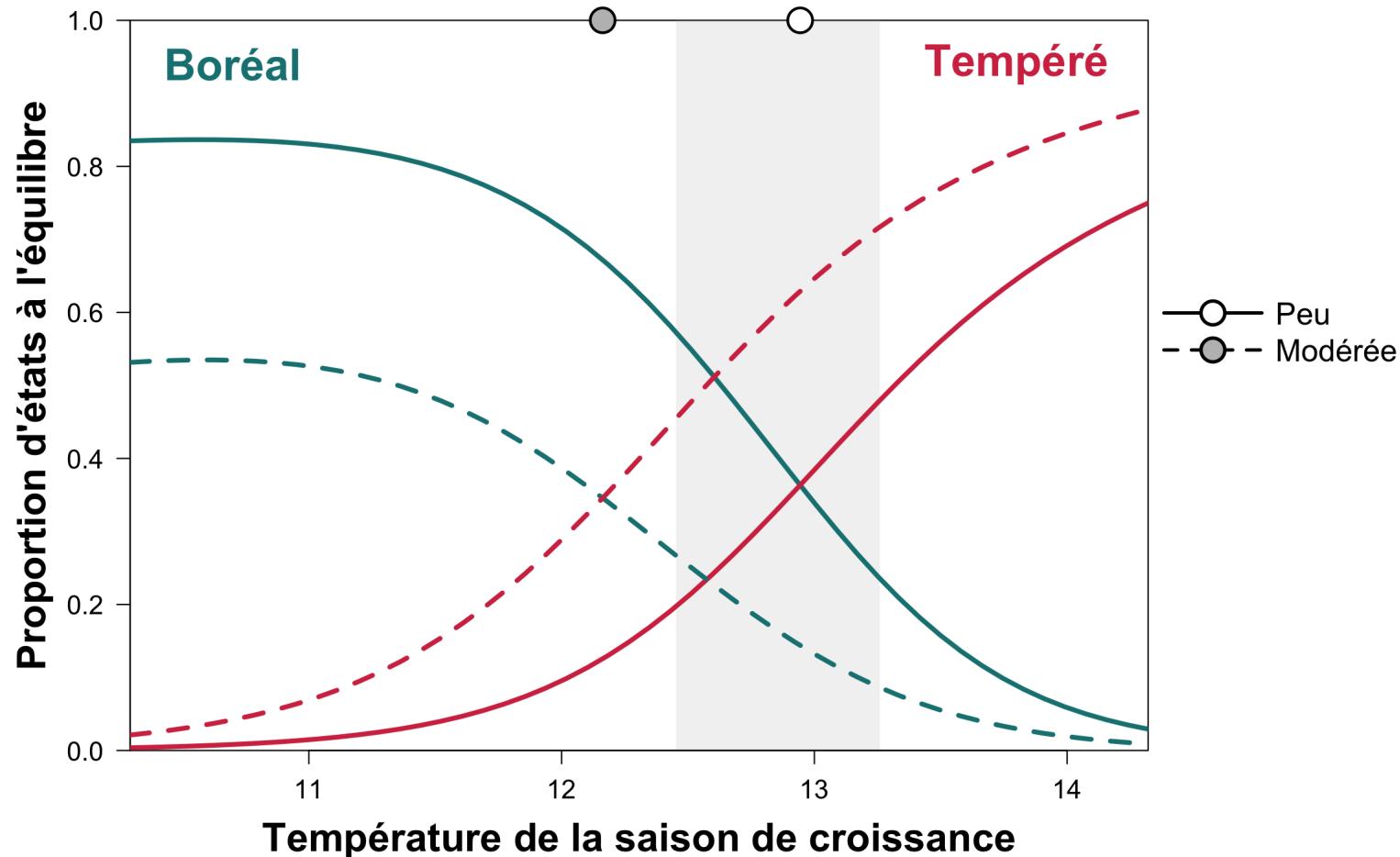
Déplacement de l'écotone à l'équilibre

Peu ou pas de coupe



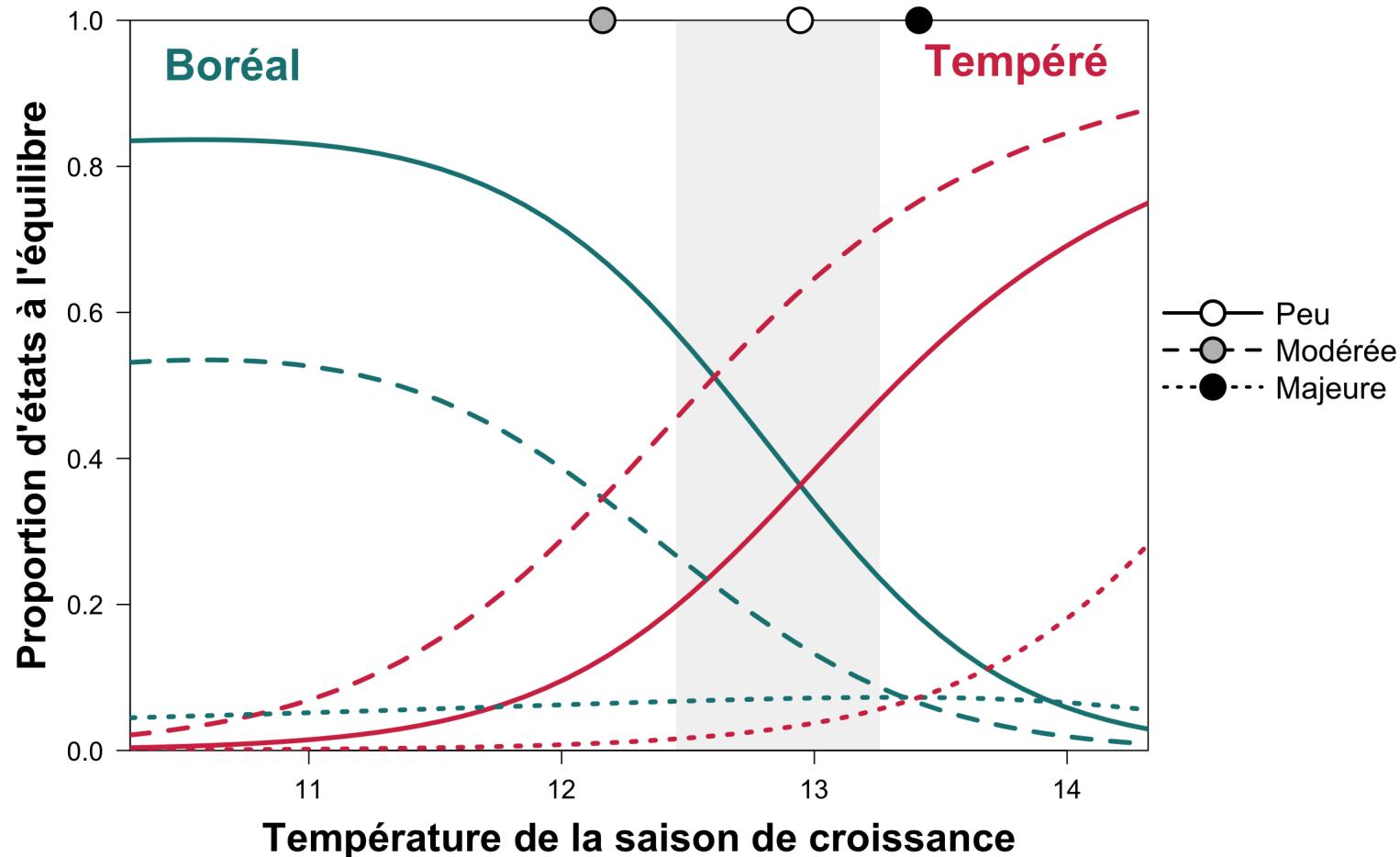
Déplacement de l'écotone à l'équilibre

Coupes modérées



Déplacement de l'écotone à l'équilibre

Coupes majeures



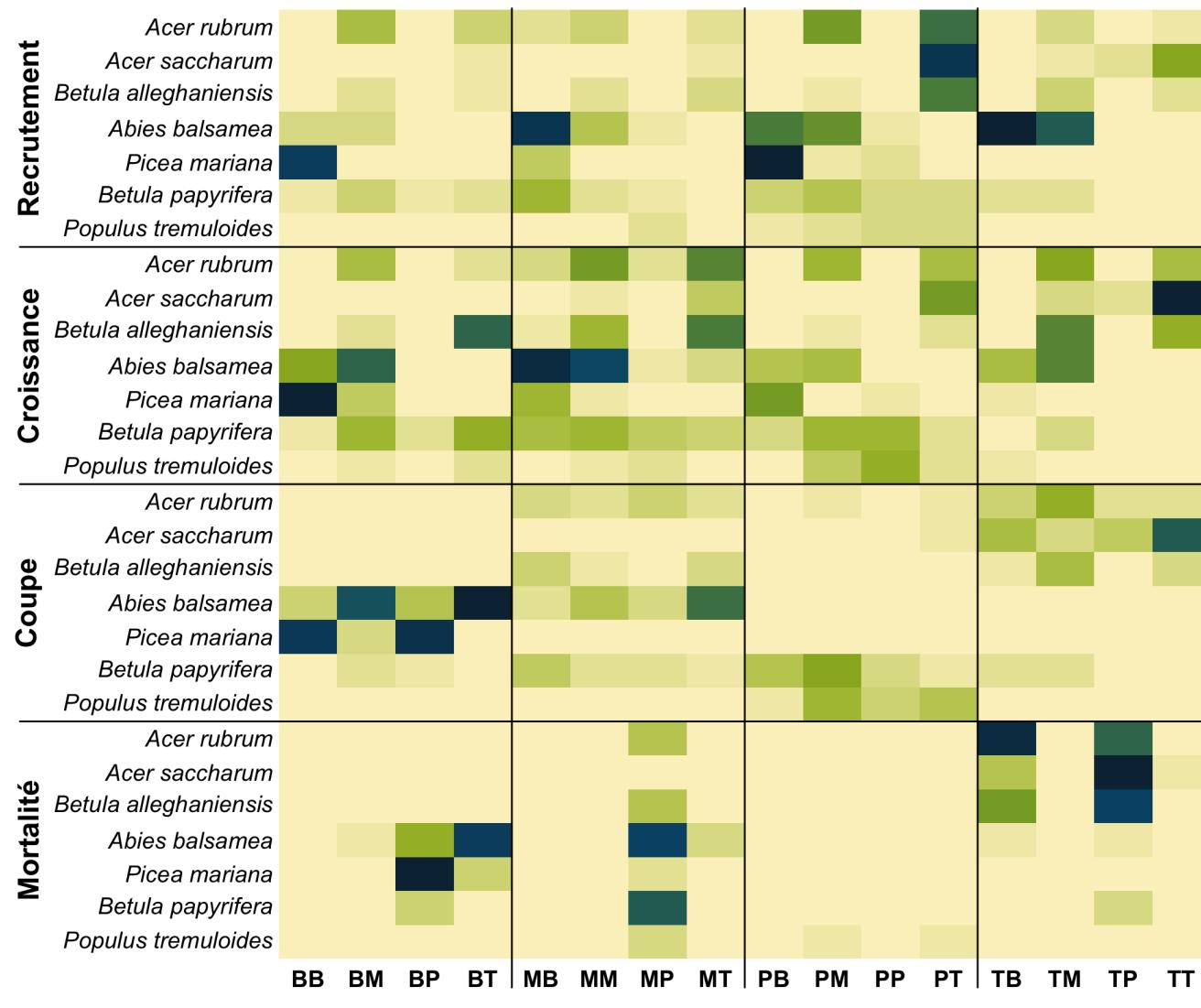
Implications...

Alors...

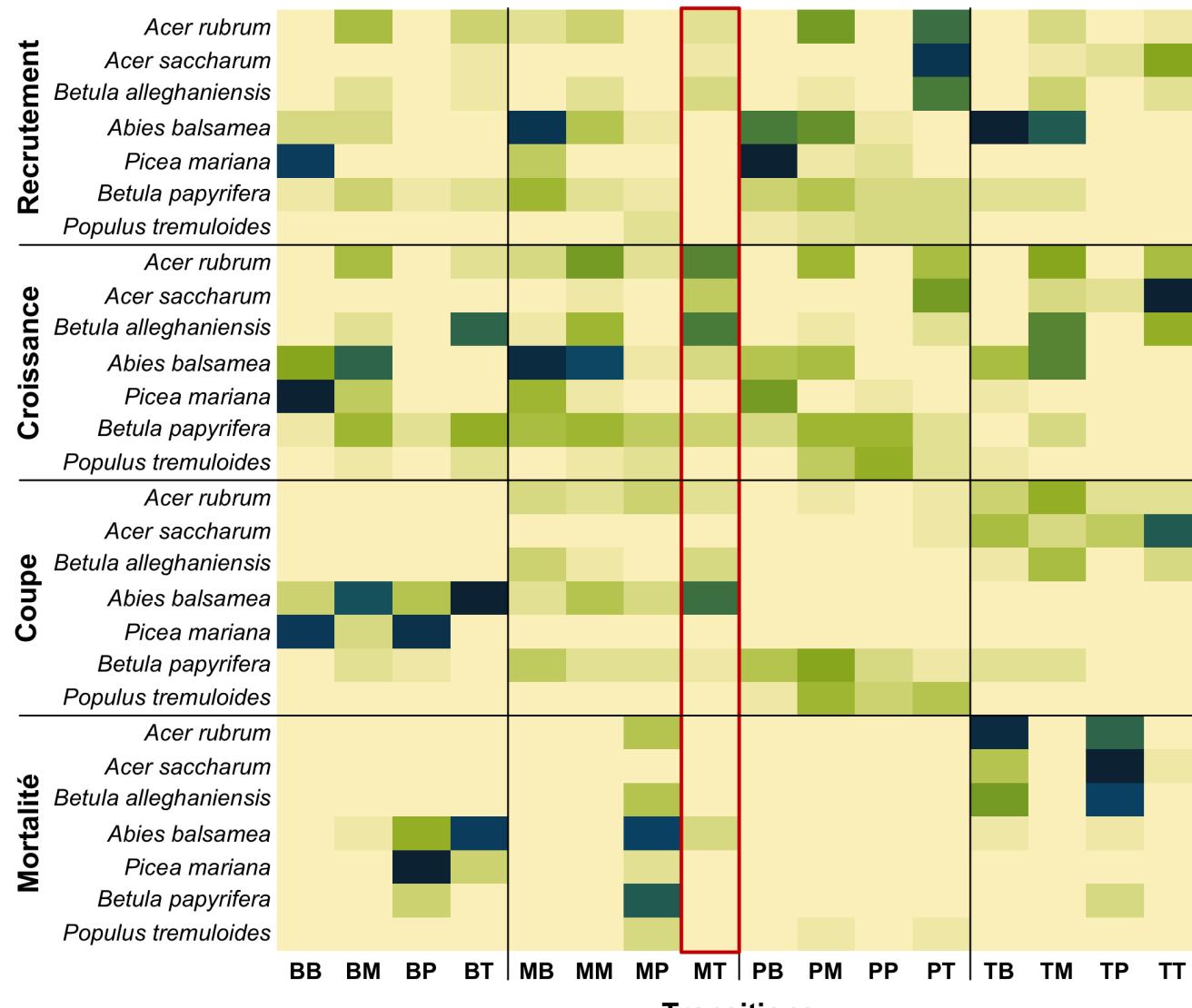
Devrions-nous abattre des arbres pour accélérer les transitions forestières ?



Processus démographiques



Processus démographiques



Chapitre 3

Recrutement des espèces tempérées

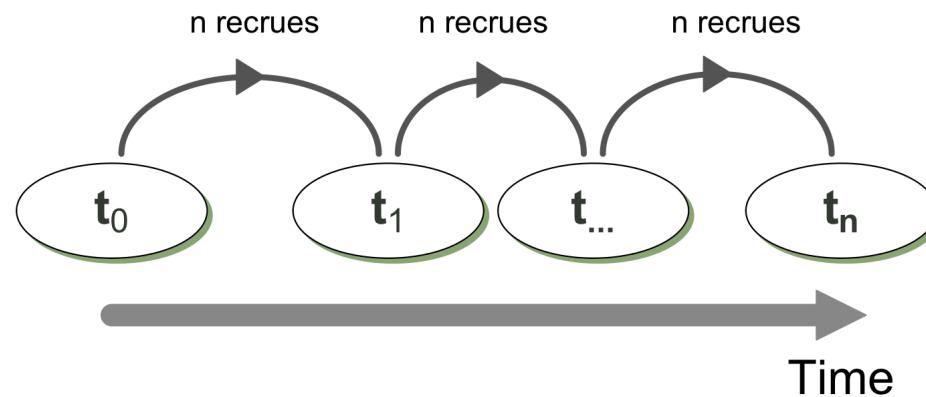


Données de recrutement

Recrues

- 4 espèces: Acer rubrum, Acer saccharum, Fagus grandifolia, Betula Alleghaniensis
- Dénombrement des gaulis de classe 1 à 3 cm de dhp.
- Potentiellement dénombrement des recrues de > 9cm de dhp.

Entre chaque inventaire consécutif.



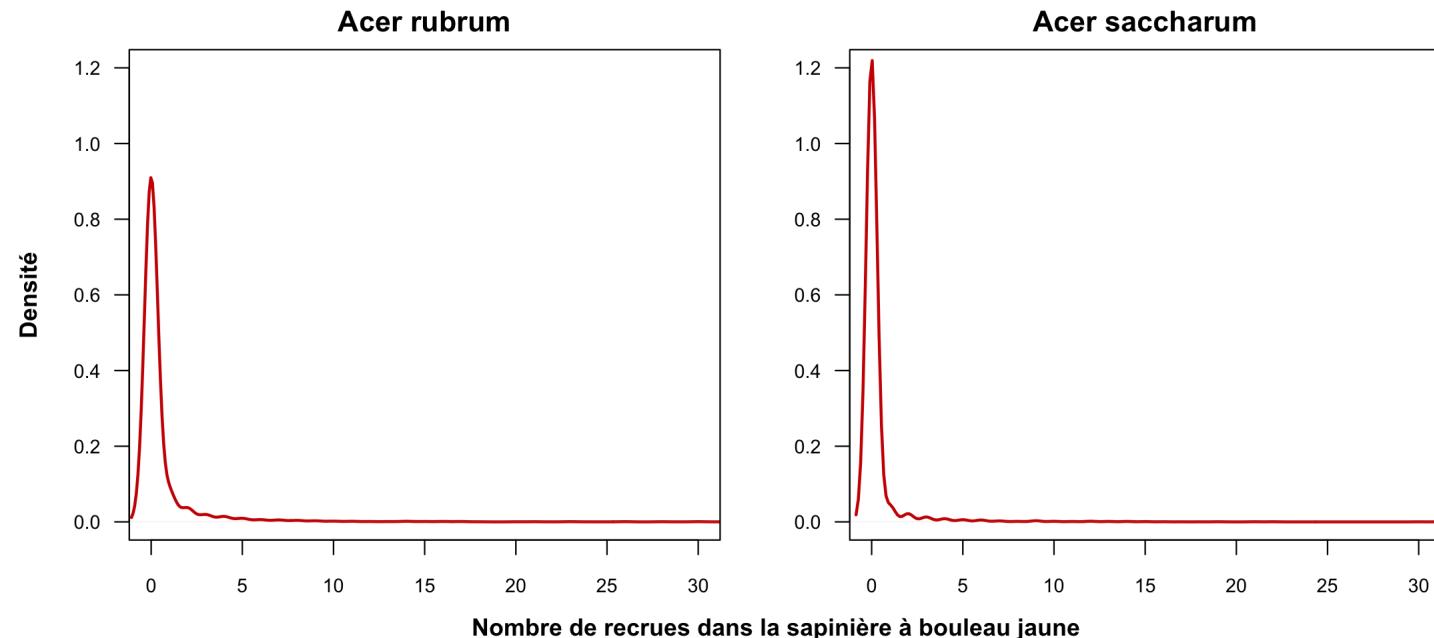
Modèle de recrutement

Modèle en deux parties (Hurdle) :

- un processus pour les comptages de zéros
- un processus pour les comptages positifs

Autre possibilité Zero-inflated:

- fait une distinction entre les différents types de zéros (faux zéros vs vrais zéros)



Modèle de recrutement - prédicteurs

Le recrutement peut dépendre de:

Climat

- 🌡️ Changement de température de la saison de croissance entre 1950 et 2018
- 🌧️ Changement de l'Indice d'humidité climatique (CMI) entre 1950 et 2018

Perturbations

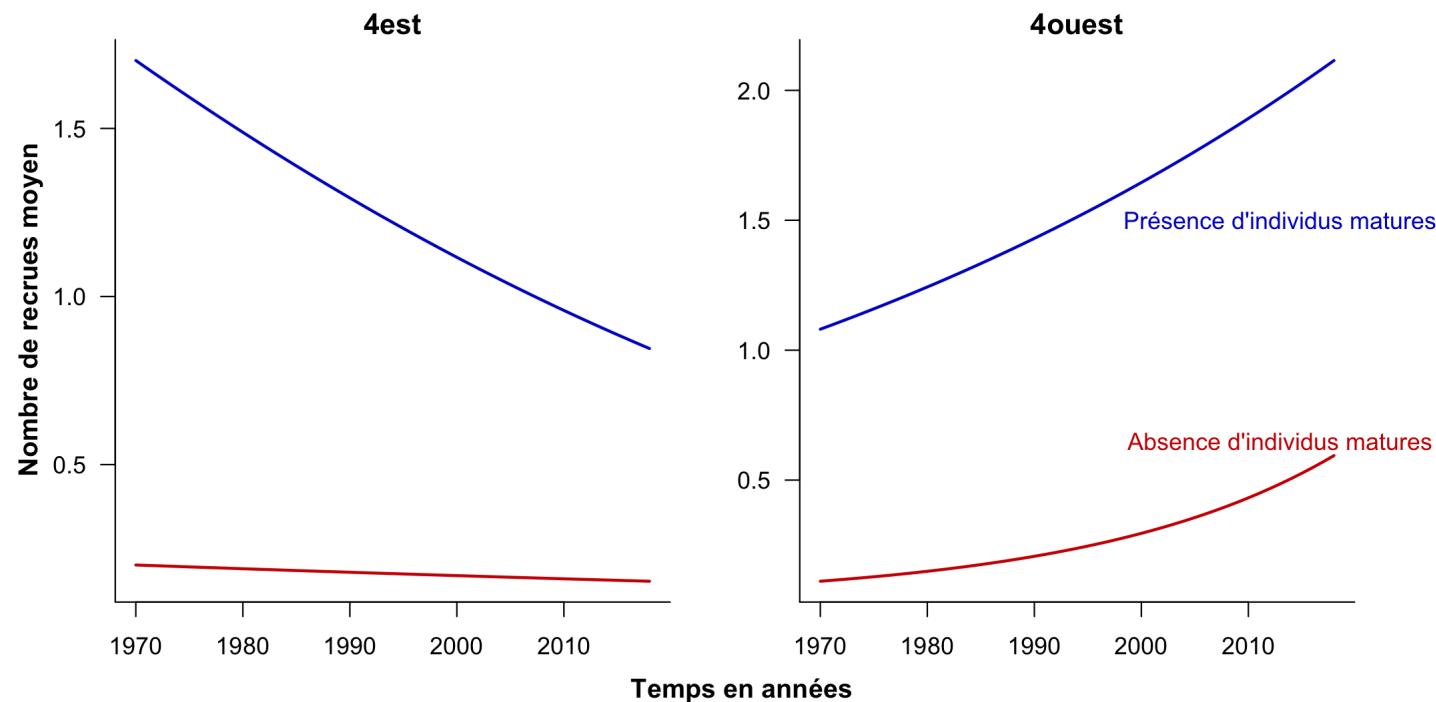
- 🔥 Perturbations naturelles entre t_{i-1} et t_i
- 🌀 Coupes entre t_{i-1} et t_i
- 💡 Types détaillés de coupes et de perturbations naturelles

Local

- ⼟ pH du sol
- 💧 Drainage du sol
- 🌲 Présence ou abondance d'individus matures dans la placette
- 💡 Présence d'individus dans le voisinage

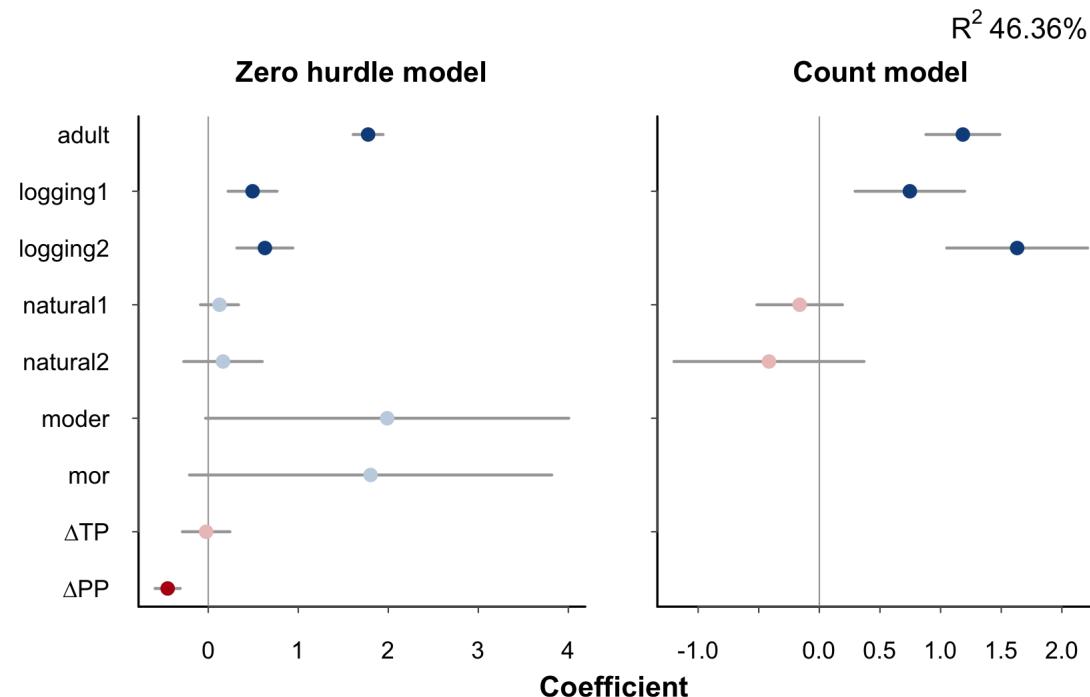
Résultats préliminaires

Tendances temporelles de recrutement d'*Acer rubrum*



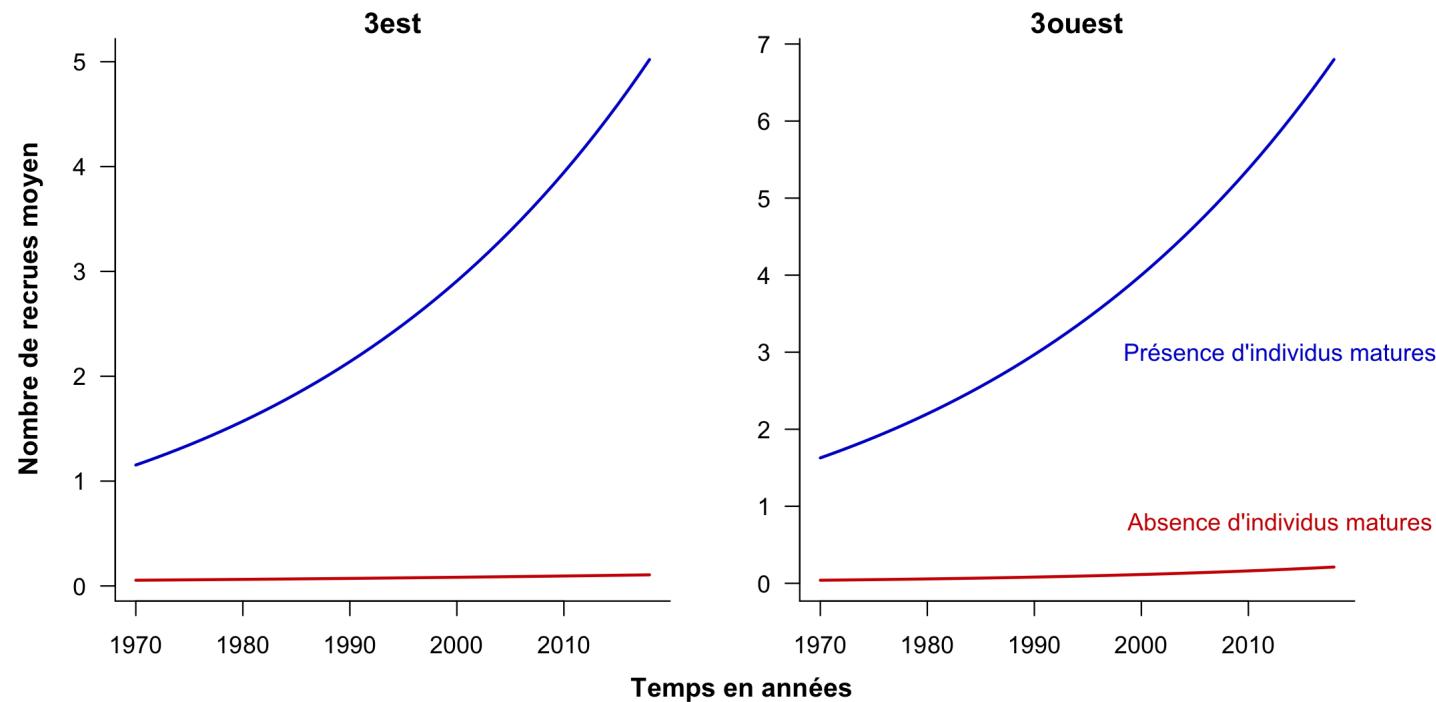
Résultats préliminaires

Recrutement d'*Acer rubrum* dans la région 4 ouest



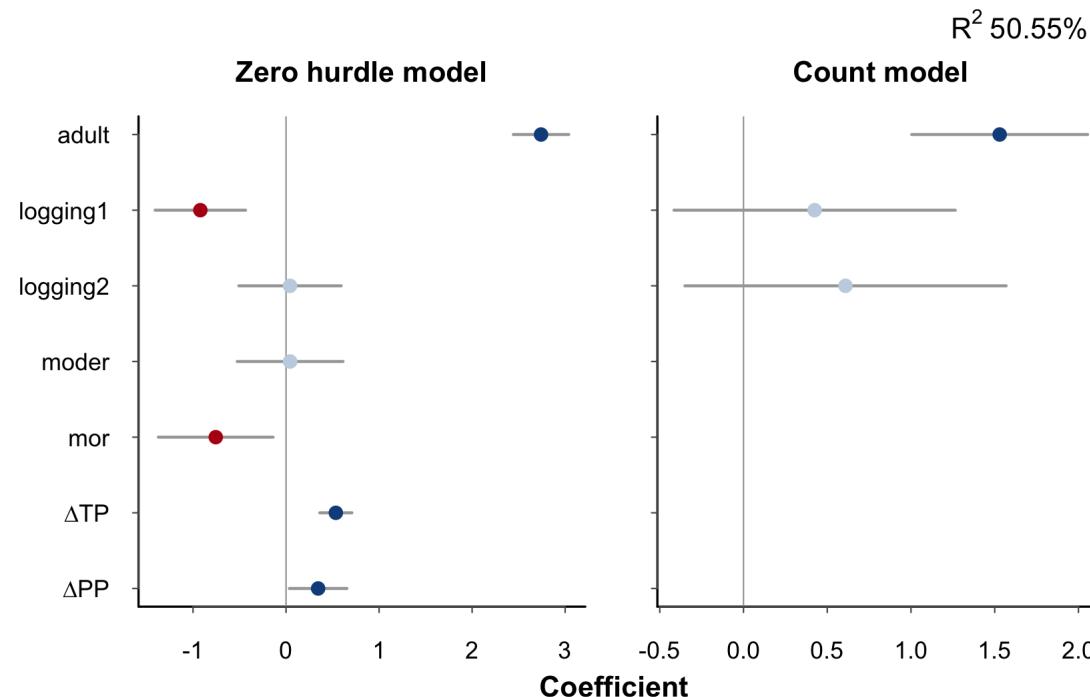
Résultats préliminaires

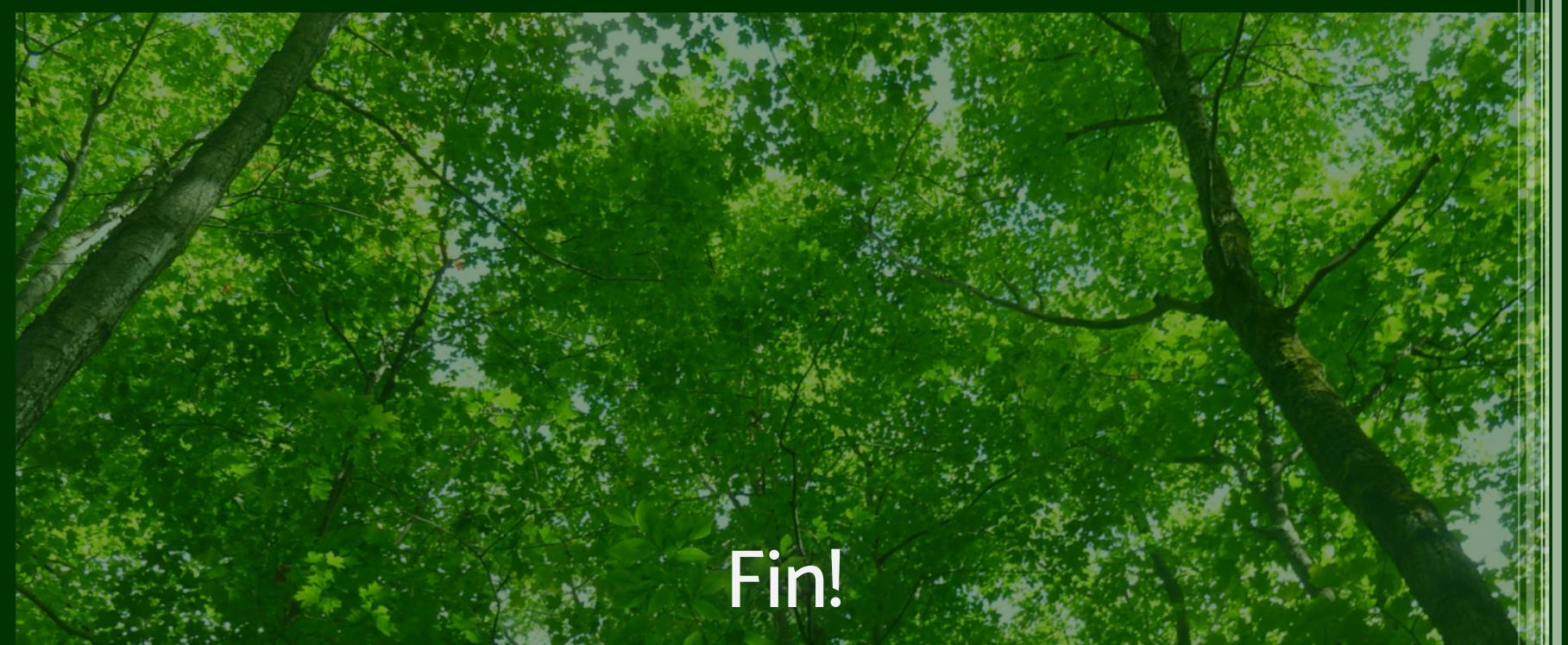
Tendances temporelles de recrutement de *Fagus grandifolia*



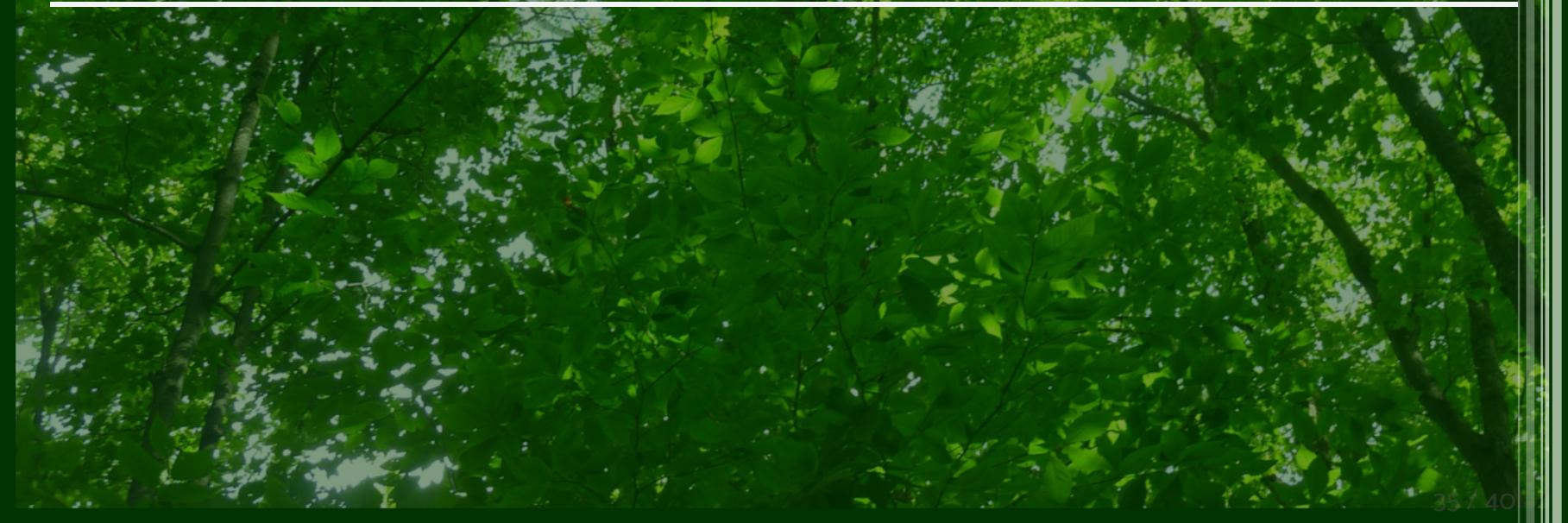
Résultats préliminaires

Recrutement de *Fagus grandifolia* dans la région 3 est



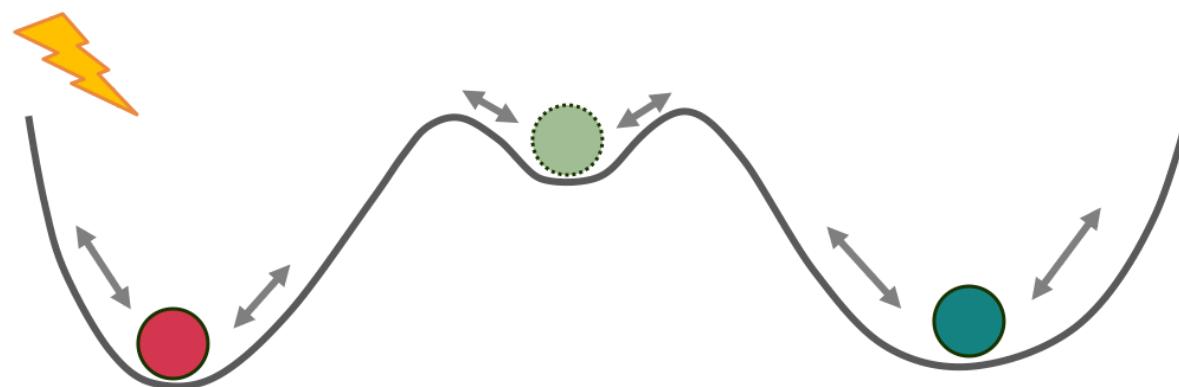
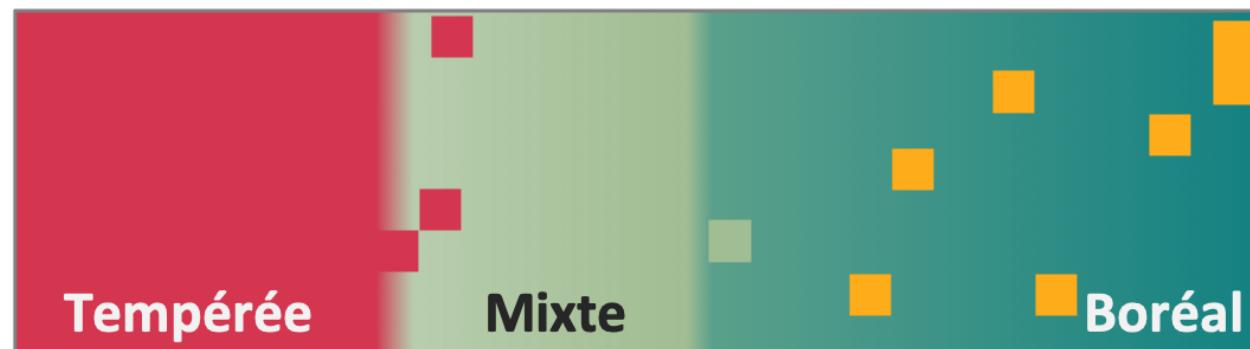


Fin!



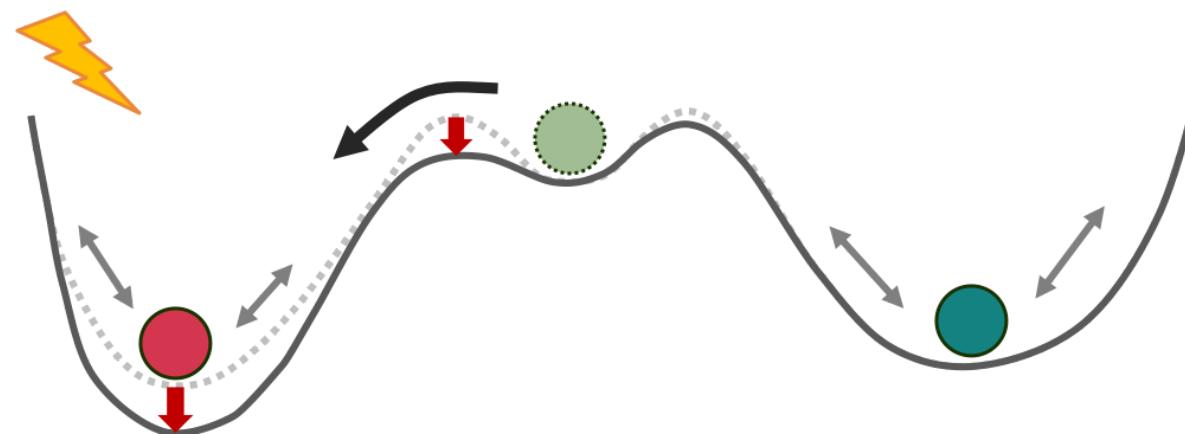
États alternatifs stables

Sans changements climatiques

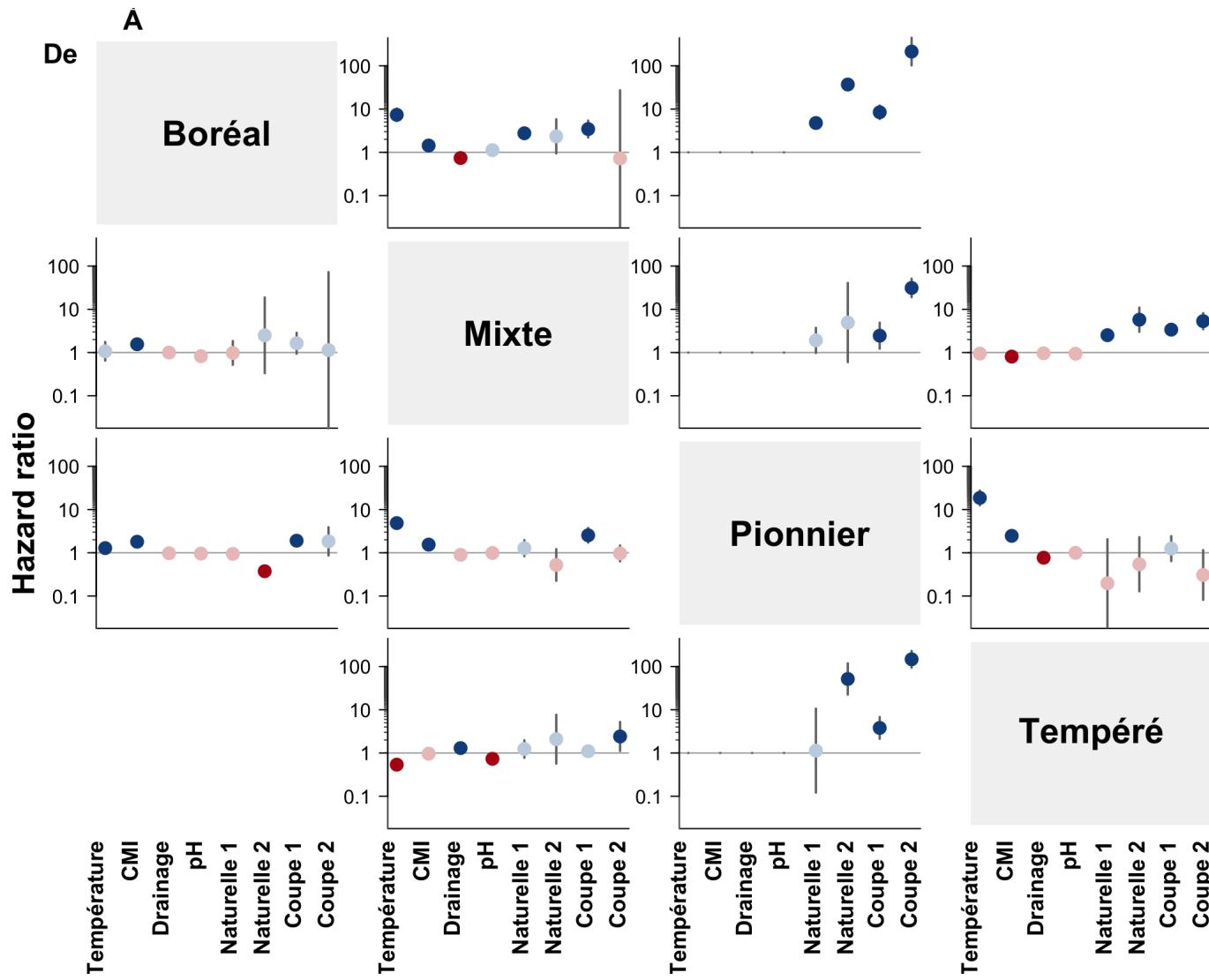


États alternatifs stables

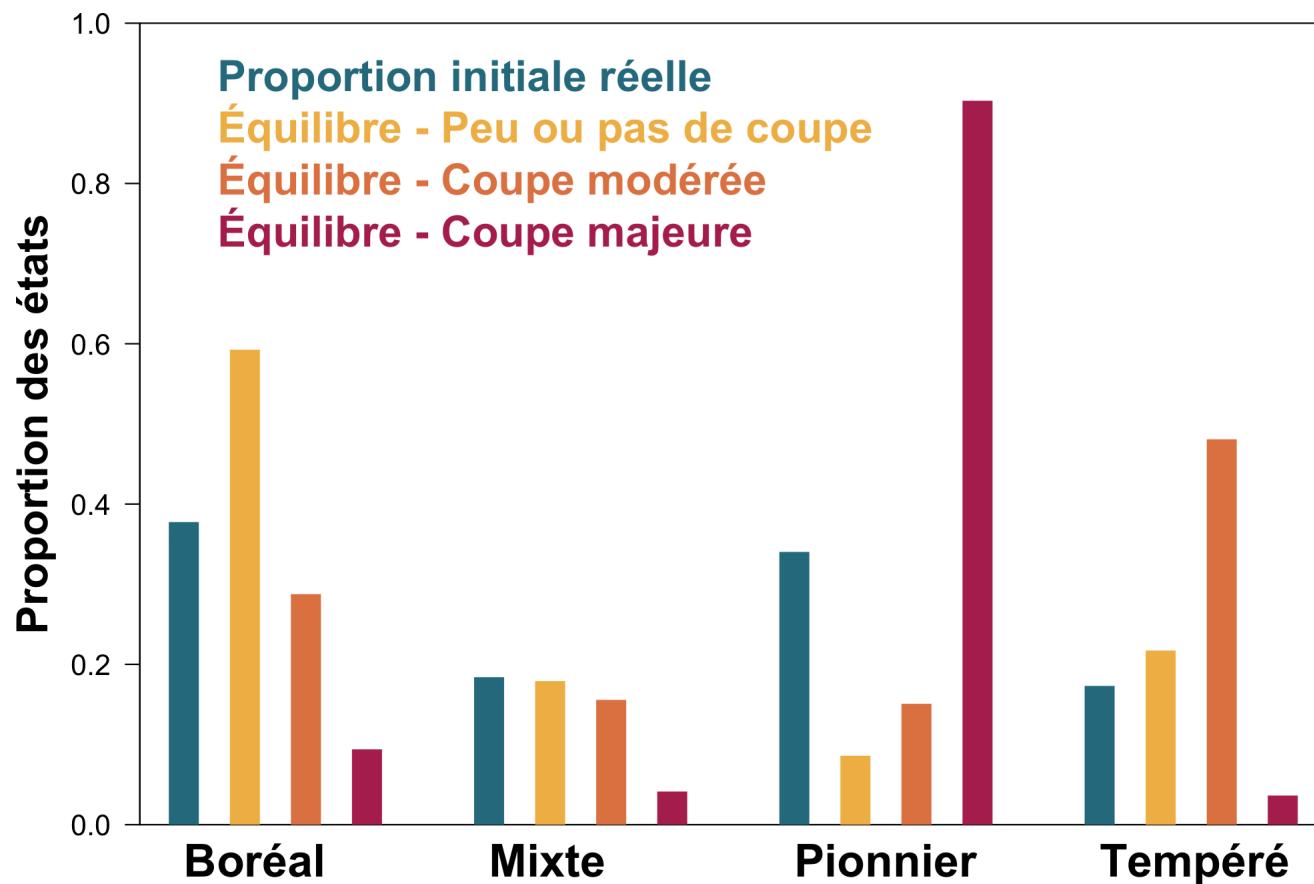
Avec changements climatiques



Résultats du modèle msm



Proportion potentielle à 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

