

# La dominance de la canopée comme facteur déterminant des plantes de sous-bois : Conifères versus feuillus!



**Juanita Rodríguez**  
(Projet de doctorat)



**Evick Mestre**  
(Co-auteur)



**Mélanie Jean**  
(Co-autrice)



**Nicole J. Fenton**  
(Directrice)



**Steven W. Kembel**  
(Co-directeur)



**Yves Bergeron**  
(Co-directeur)





Forêts conifériennes



Forêts feuillus

## Changements de la composition de la canopée dans la forêt boréale

### Perturbations naturelles et anthropiques



-Feux des forêts



-Colonisation des terres  
-Exploitation minière  
-Exploitation forestière

(Grondin et al. 2003, Marchais et al. 2020; 2022)



Effets sur les communautés de sous-bois



+ Changement climatique!

**ECOS<sup>s</sup>** Center for Ecosystem  
Science and Society at  
Northern Arizona University

(Mack et al. 2021, *Science*. Artwork by Victor Leshyk)

*Sites avec des conditions topoédaphiques similaires et des pools d'espèces similaires, les espèces réagissent en fonction de :*

## ➤ Résistance

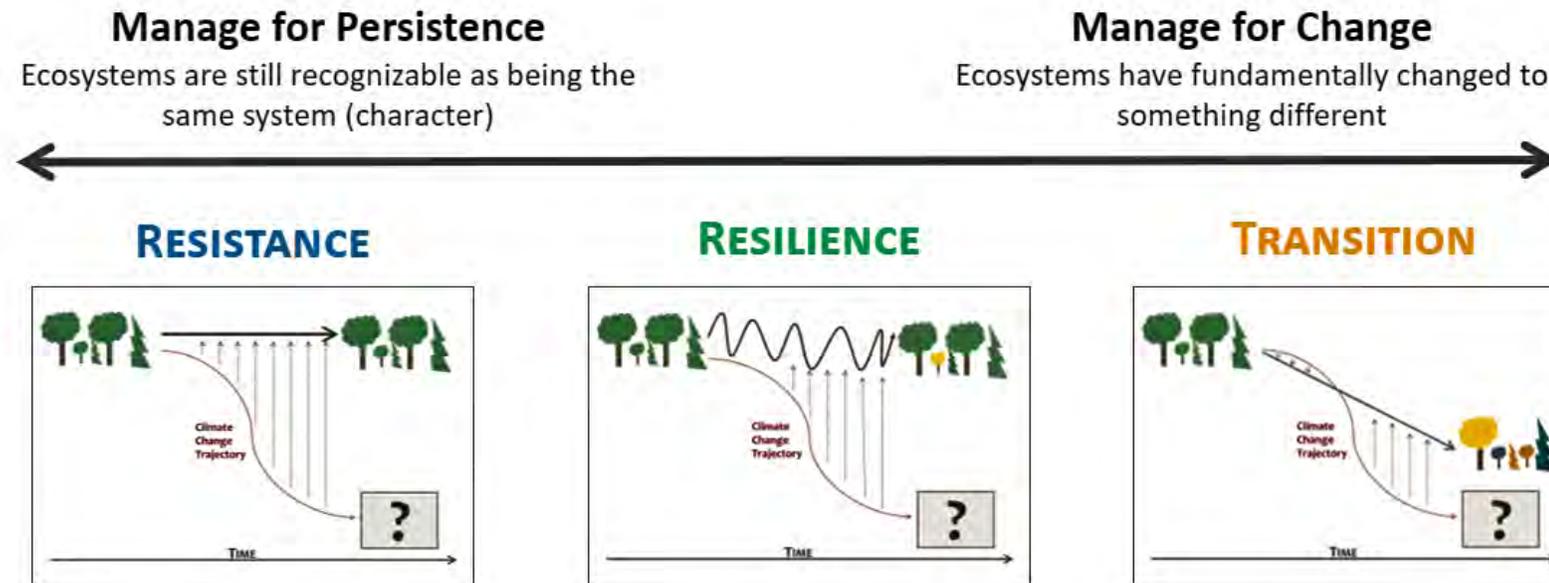
Définie comme la capacité d'un système à rester essentiellement inchangé malgré les perturbations

(Grimm and Wissel 1997)

## ➤ Résilience

Mesure de la persistance du système qui absorbe un changement sans altérer de façon significative les relations entre les populations, les fonctions fondamentales et les feedbacks.

(Chapin et al. 2010; Holling 1973)



(Bucholz et al. 2020 – Colorado State Forest Service)

# Types de forêts



## Épinette noire

(*Picea mariana*)

Sous-bois



Bryophytes et Éricacées



Photo: Andréanne Garant

-Type de litière

⇒ Aiguilles



-Lumière

-Ouverture de la canopée

-Litière riche en nutriments

-Taux de décomposition de la litière

-Cycle et disponibilité des nutriments

-Température du sol

-pH du sol

-Fertilité du sol



(Messier et al., 1998; Lamarche et al., 2007; Cavard et al., 2011; Laganière et al., 2011; Bartels & Chen, 2013; Augusto et al., 2015)

# Types de forêts



## Peuplier faux-tremble

Plusieurs plantes vasculaires!  Sous-bois (*Picea mariana*)

-Type de litière

⇒ Deciduous broadleaves



-Lumière

-Ouverture de la canopée

-Litière riche en nutriments

-Taux de décomposition de la litière

-Cycle et disponibilité des nutriments

-Température du sol

-pH du sol

-Fertilité du sol

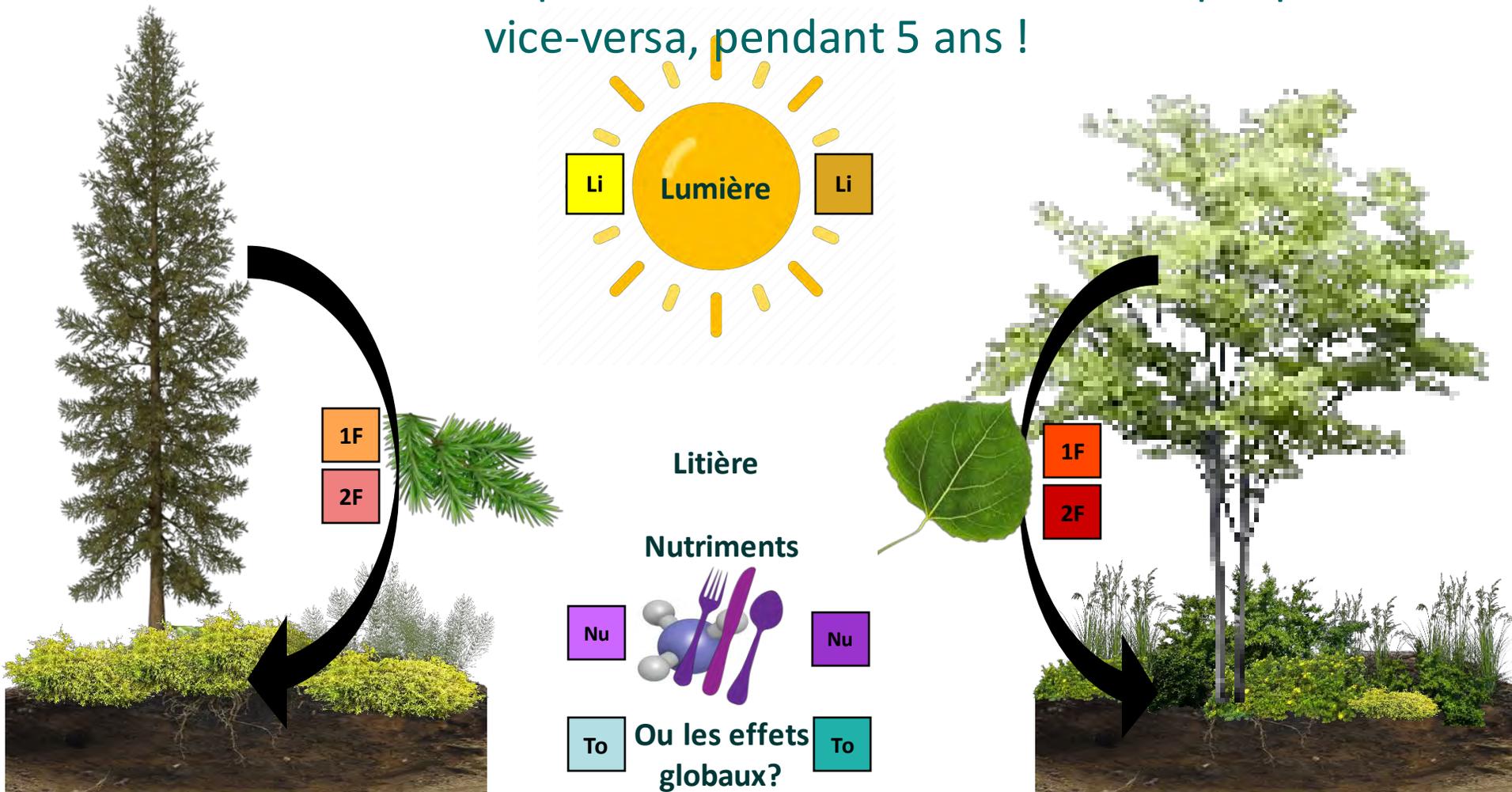


(Messier et al., 1998; Lamarche et al., 2007; Cavard et al., 2011; Laganière et al., 2011; Bartels & Chen, 2013; Augusto et al., 2015)

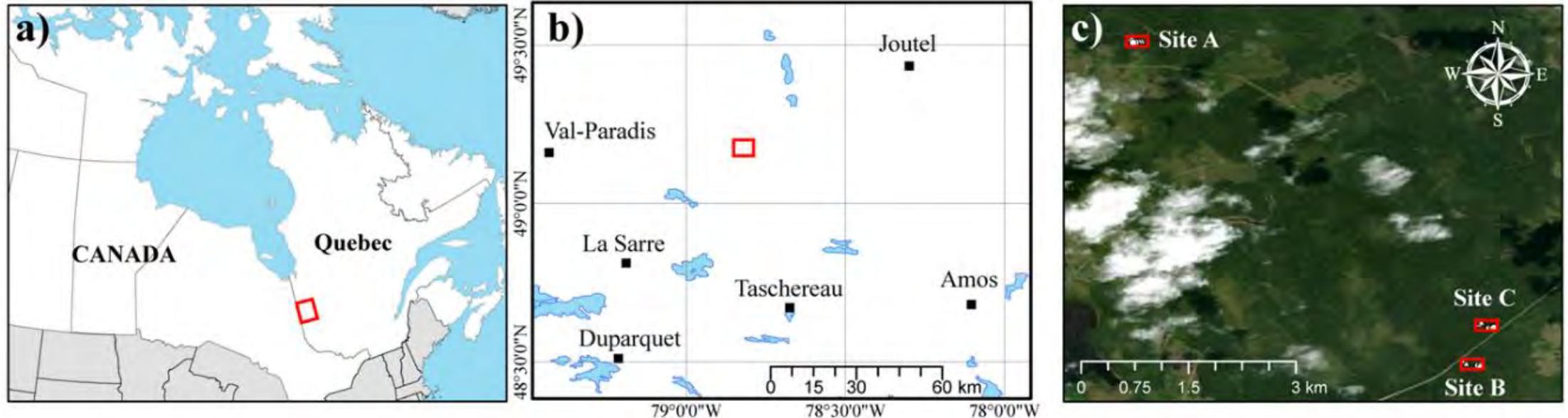


# Comment les facteurs liés à la canopée façonnent-ils les communautés de plantes de sous-bois ?

Simuler les conditions des forêts d'épinette noire dans des forêts de peuplier faux-tremble, et vice-versa, pendant 5 ans !



# Aire d'étude



À la frontière des régions administratives de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec

Ce territoire appartient aux Premières nations de l'Abitibiwinni (Pikogan).



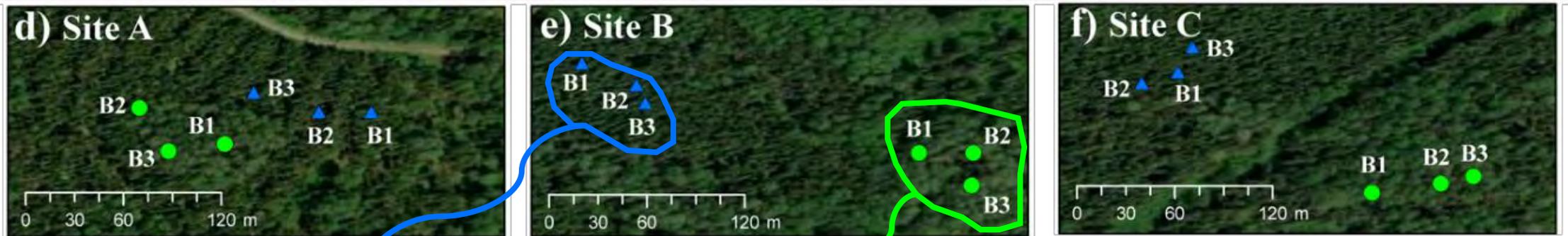
*Mikwetc!*

(Bergeron et al. 2004; Laganière et al. 2011, Cavard et al. 2011; Légaré et al. 2005)

# Aire d'étude

- ✓ Chaque site comporte des peuplements adjacents d'épinettes noires et de peupliers faux-trembles.
- ✓ Sites présentent des conditions topo-édaphiques et des pools d'espèces similaires (dépôt de surface, pente, drainage, sols subhydriques modérément secs à dominante argileuse et topographie plate).
- ✓ Forêts naturelles issues du même incendie vers 1916.

(Bergeron et al. 2004; Laganière et al. 2011, Cavard et al. 2011; Légaré et al. 2005)



\*B (Block)

▲ Forêts d'épinette noire  
(≥ 75% de couvert végétale de *Picea mariana*)

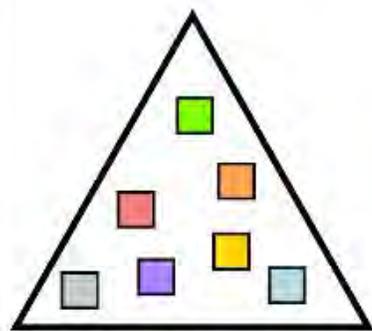


● Forêts de peuplier faux-tremble  
(≥ 75% de couvert végétale de *Populus tremuloides*)

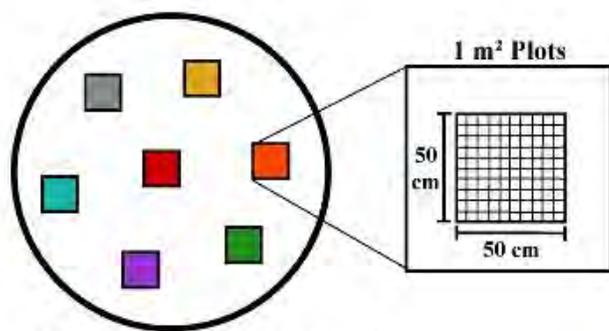
(Cavard et al. 2011; Légaré et al. 2005)

# Design expérimental

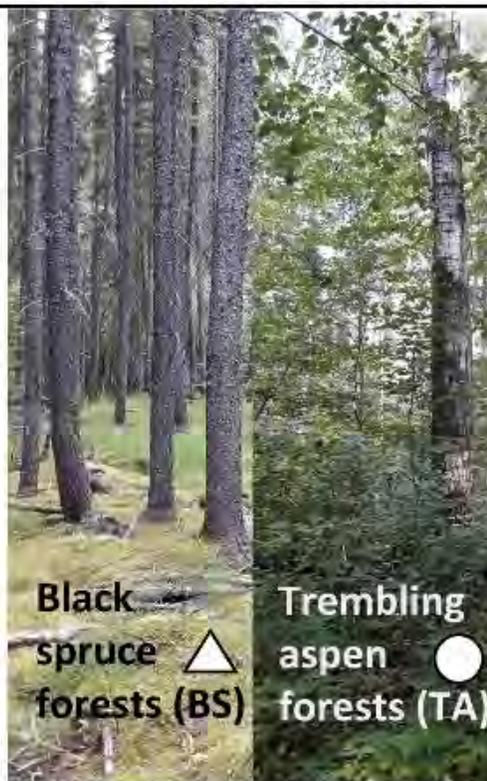
## g) Vegetation sampling in Plots in each Block



Black spruce



Trembling aspen



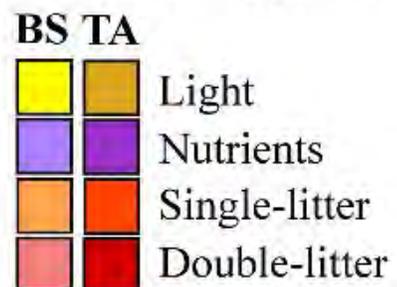
**Nested block experimental design:**  
3 sites x 2 forest types x 3 blocks x 7 treatments = 126 plots

### Treatments:

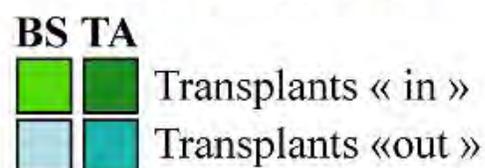
#### Control conditions



#### Ecosystem approach



#### Community approach

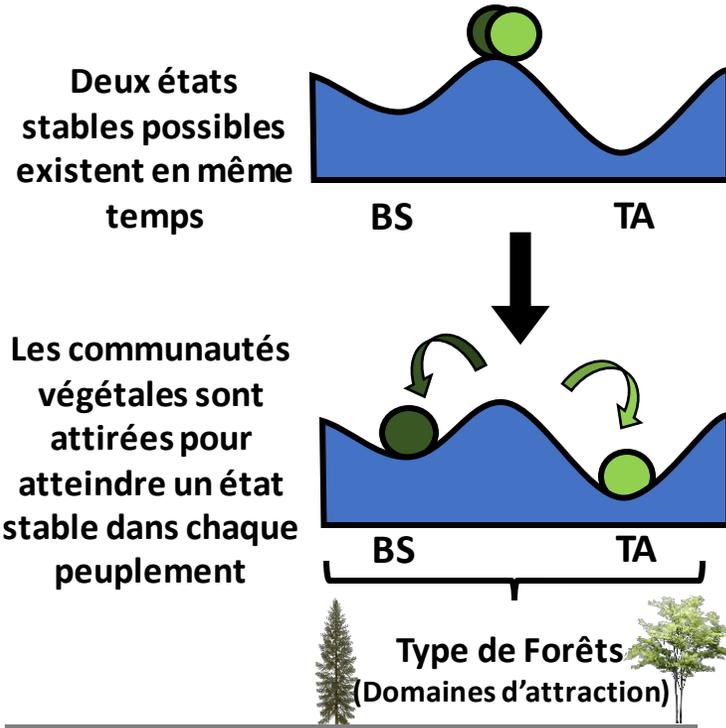


**Expérience *in situ* de 5 ans**  
(Parcelles permanentes de 2013 à 2018)



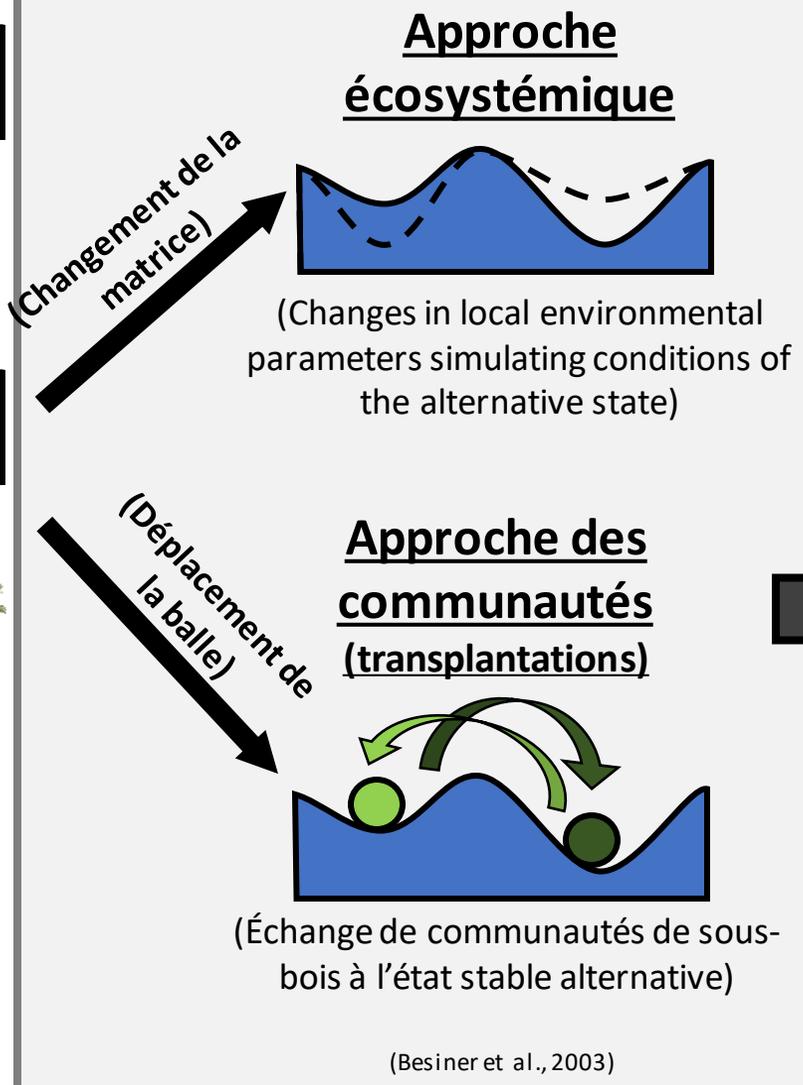
Photo: Nicolas Bernazzini

# Cadre conceptuel



- Végétation de sous-bois dans des forêts d'épinette noire
- Végétation de sous-bois dans des forêts de peuplier faux-tremble
- BS** État alternatif d'épinette noire
- TA** État alternatif de peuplier faux-tremble
- Temps (Traitements de 2013 à 2018)
- Changement d'état

# Expérience in situ avec deux approches



# Effets sur la végétation de sous-bois?

**1) Objectif 1 – Approche écosystémique:**  
Analyser les effets des changements de facteurs associés à la dominance de la canopée (lumière, nutriments et **litière**) sur la composition du sous-bois

|    | BS | TA |               |
|----|----|----|---------------|
| C  |    |    | Control       |
| Li |    |    | Light         |
| N  |    |    | Nutrients     |
| 1F |    |    | Single Litter |
| 2F |    |    | Double Litter |

|    | BS | TA |                 |
|----|----|----|-----------------|
| C  |    |    | Control         |
| Ti |    |    | Transplants-in  |
| To |    |    | Transplants-out |



**2) Objectif 2 - Approche des communautés (transplantations):**  
Déterminer si la végétation de sous-bois était résistante à une changement de la canopée au cours du temps et si la forêt était résiliente à la perturbation à petite échelle de la transplantation.

# Conditions témoin

...Un échange de facteurs liés à la canopée entre les types de forêts !

## Traitements

BS TA  
C   Control



# 1) Approche écosystémique

...Un échange de facteurs liés à la canopée entre les types de forêts !

## Traitements

|    |  |   |         |
|----|--|---|---------|
|    | BS   | TA  |         |
| C  |  |  | Control |
| Li |  |  | Light   |



Parcelles en ouverture naturelle de la canopée



Ombrières sur les parcelles



# 1) Approche écosystémique

...Un échange de facteurs liés à la canopée entre les types de forêts !

## Traitements

|    | BS   | TA  |           |
|----|--|---|-----------|
| C  |  |  | Control   |
| Li |  |  | Light     |
| N  |  |  | Nutrients |

Engrais NPK (21:2:4)



Pour nourrir les sols!!

Acidifiant



Pour acidifier les sols!!

# 1) Approche écosystémique

...Un échange de facteurs liés à la canopée entre les types de forêts !

## Traitements

|    | BS   | TA  |               |
|----|--|---|---------------|
| C  |  |  | Control       |
| Li |  |  | Light         |
| N  |  |  | Nutrients     |
| 1F |  |  | Single Litter |
| 2F |  |  | Double Litter |



Exemple de feuilles de  
trembles ajoutées  
dans les forêts  
d'épinettes



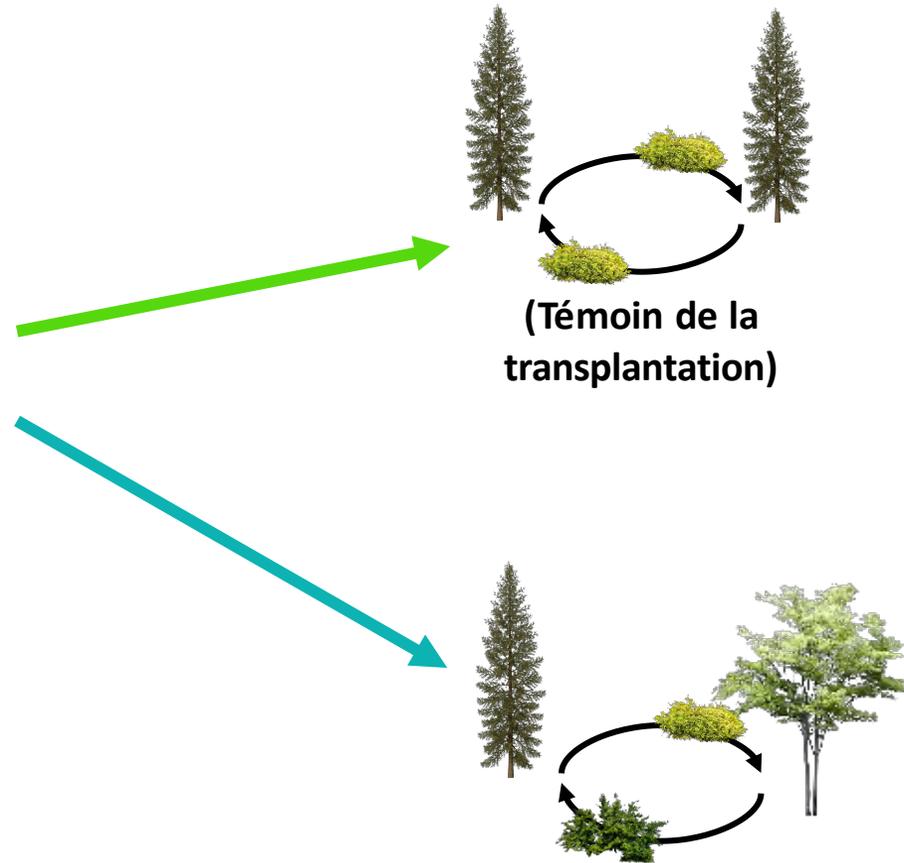
(idem pour les aiguilles d'épinettes ajoutés dans les forêts de trembles)

# 2) Approche des communautés (transplantation réciproque)

...Un échange de facteurs liés à la canopée entre les types de forêts !

## Traitements

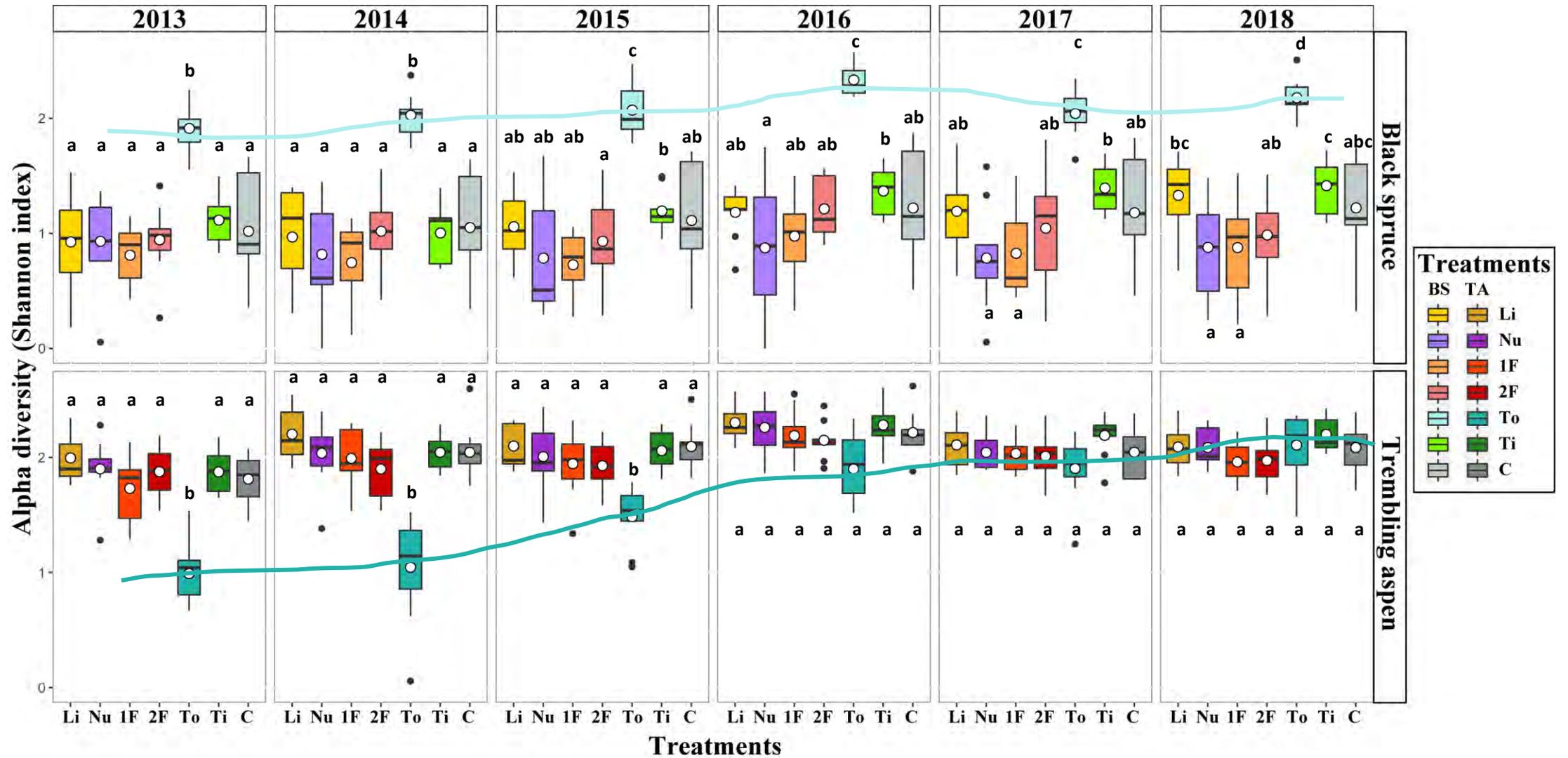
|    | BS  | TA  |                 |
|----|---|---|-----------------|
| C  |  |  | Control         |
| Ti |  |  | Transplants-in  |
| To |  |  | Transplants-out |



Exemple To-BS (de TA à BS)



# Diversité alpha de la communauté de sous-bois

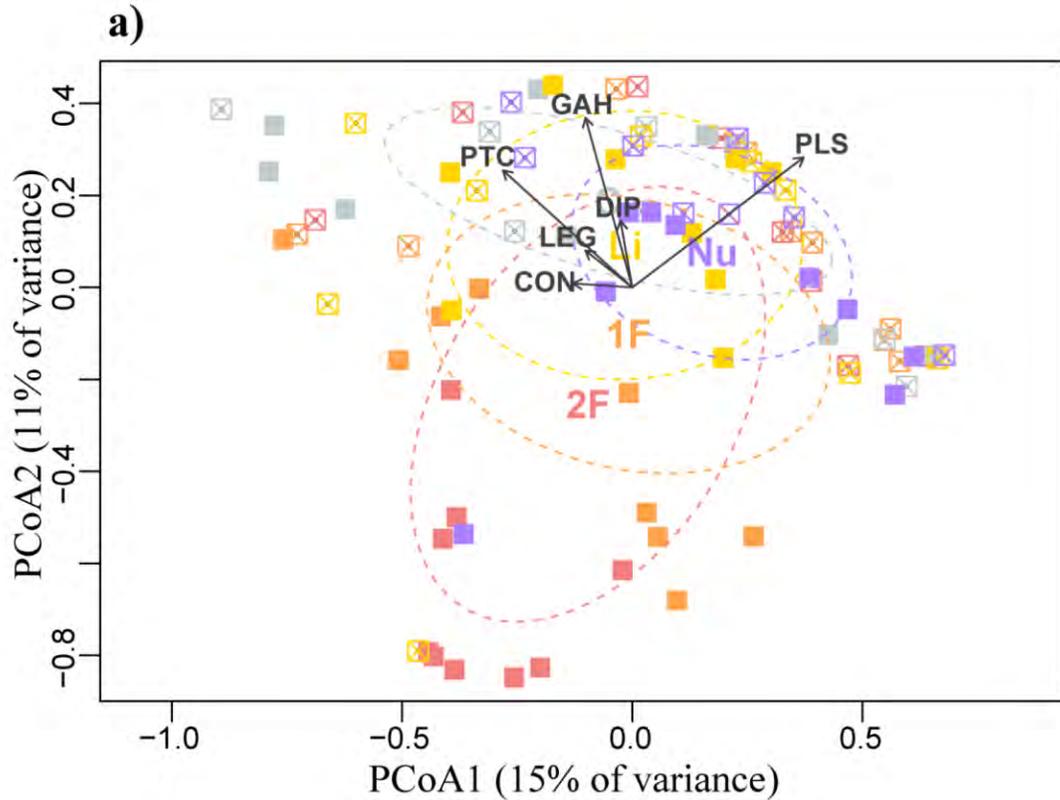


Interaction entre Année, Type de forêt et Traitement  
 (ANOVA,  $F_{6,720} = 6.146$ ,  $P < 0.0001$ ; Test Tukey de Traitement s Vs. Témoins,  $P < 0.05$ )

# Différences dans la composition de sous-bois entre types de forêts

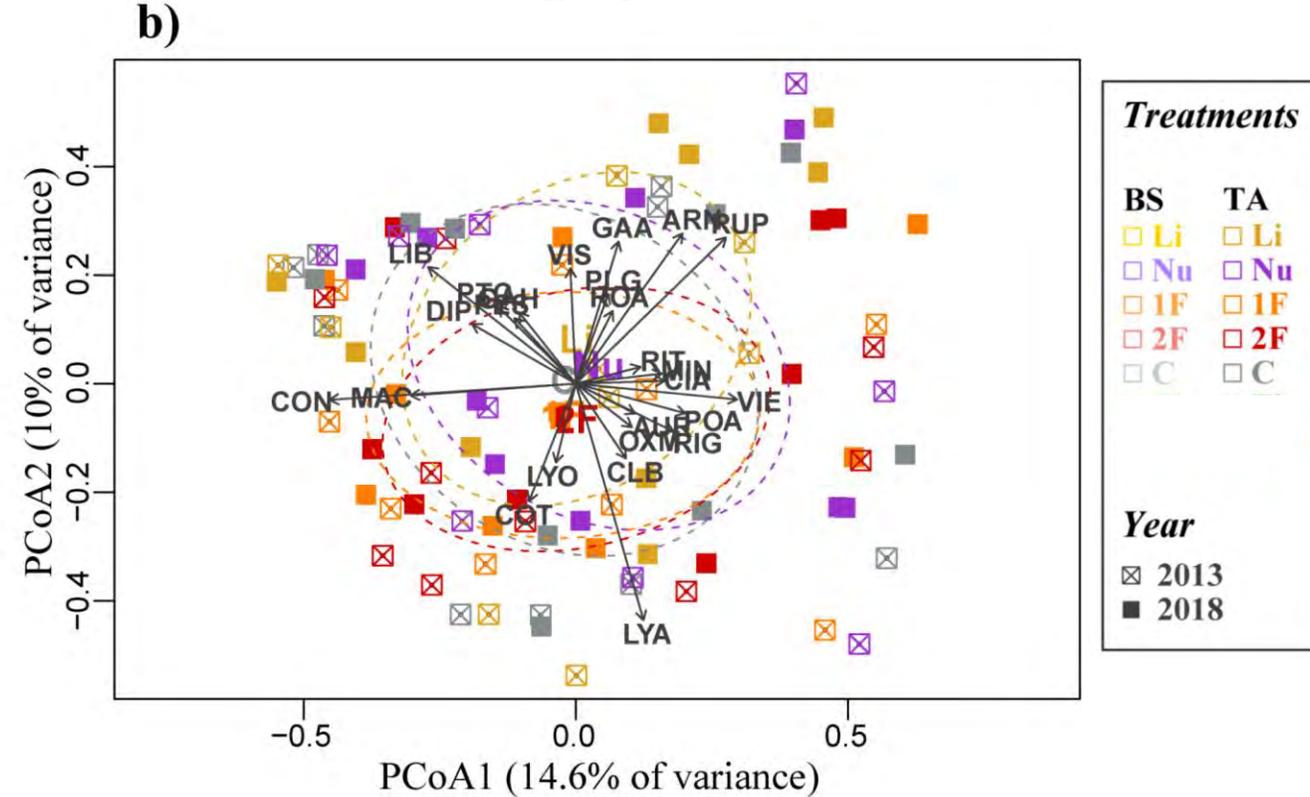
Ecosystem approach

**Black spruce forests**



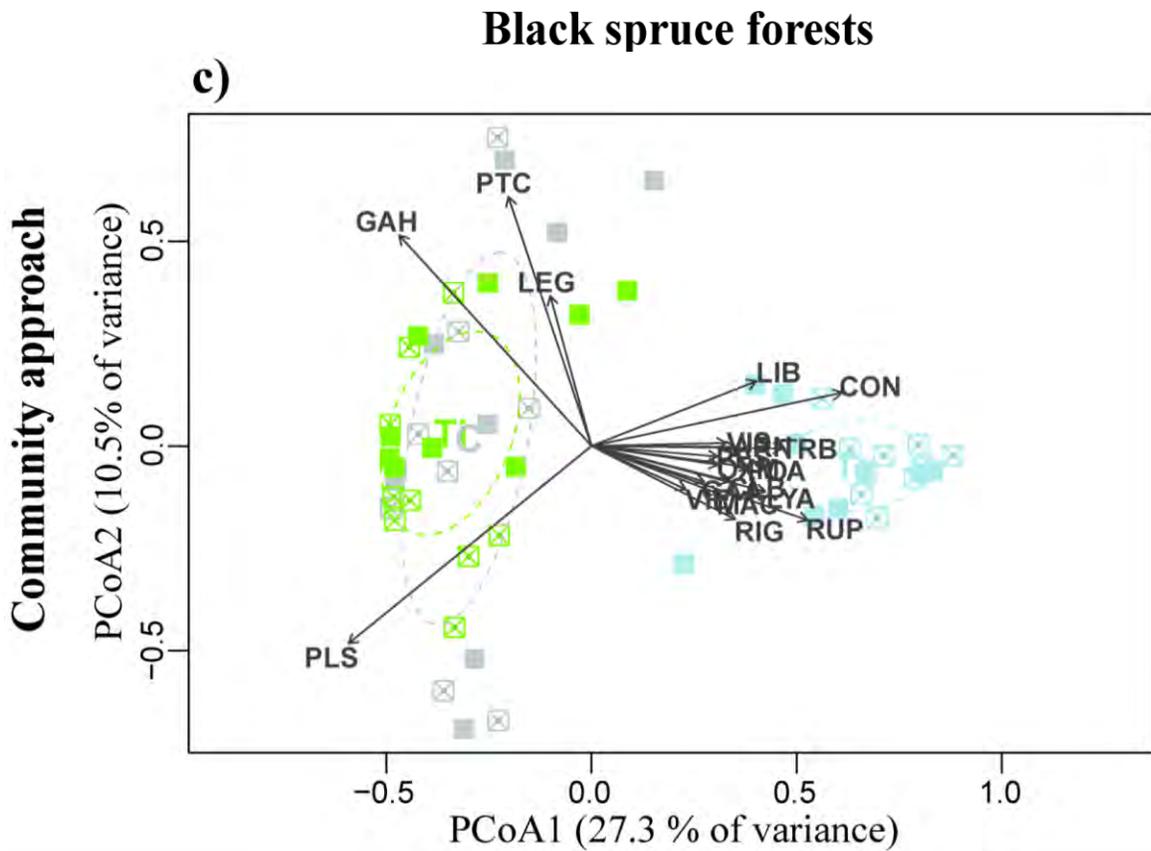
Interaction significative entre Traitement et Année (PERMANOVA,  $F_{4,89} = 2.9752$ ,  $P < 0.0001$ )

**Trembling aspen forests**

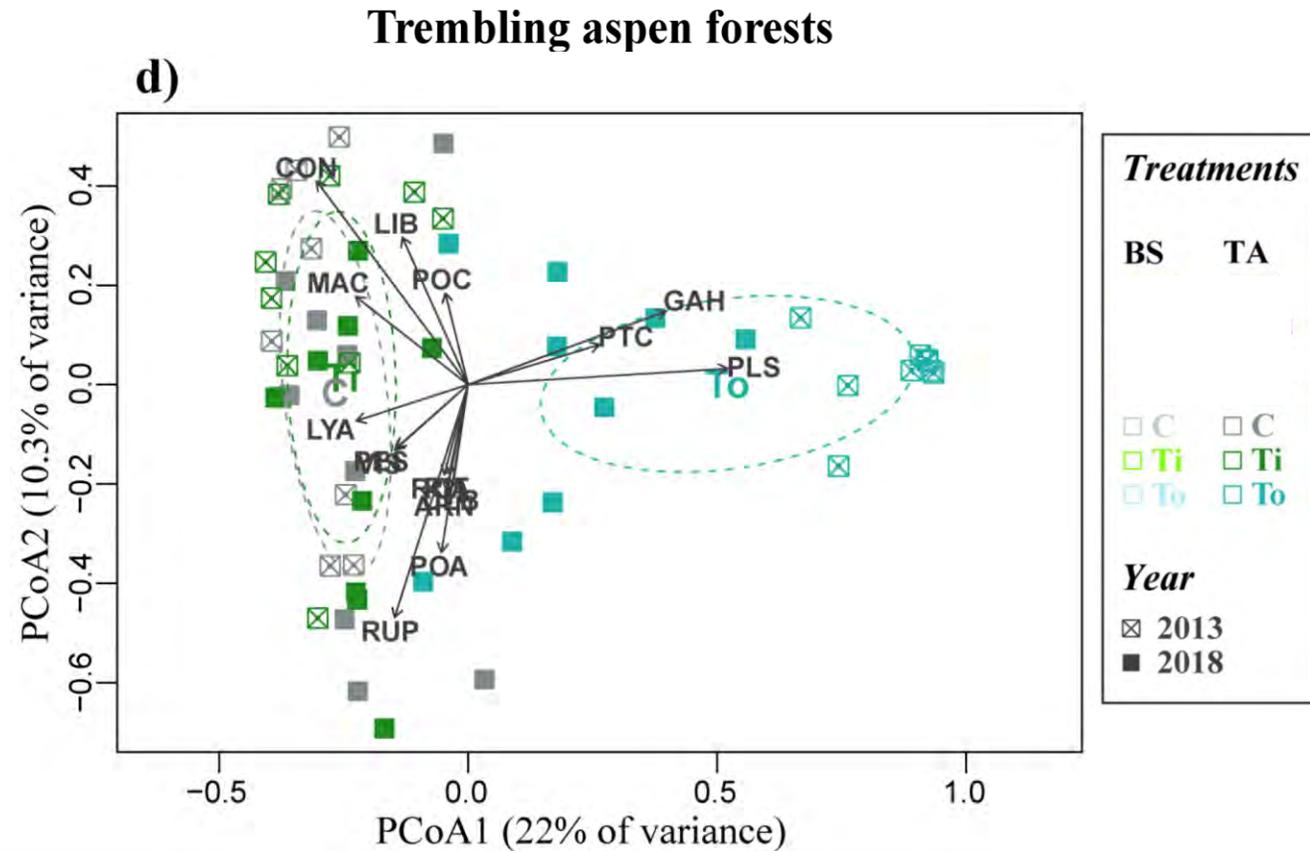


Significatif:  
 Traitement (PERMANOVA,  $F_{4,89} = 0.9045$ ,  $P < 0.05$ )  
 Année (PERMANOVA,  $F_{4,89} = 2.3979$ ,  $P < 0.0001$ )

# Différences dans la composition de sous-bois entre types de forêts

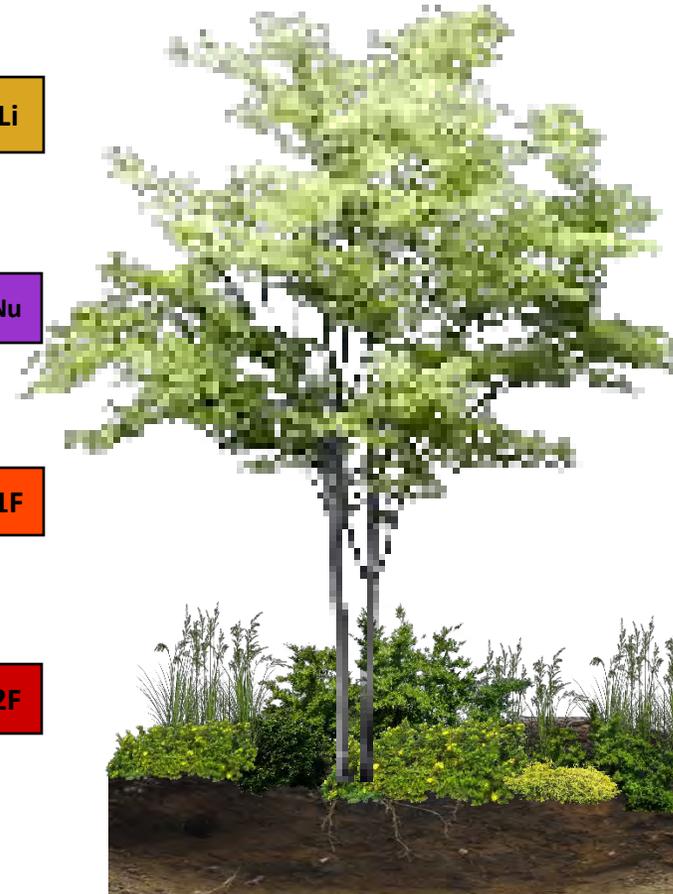
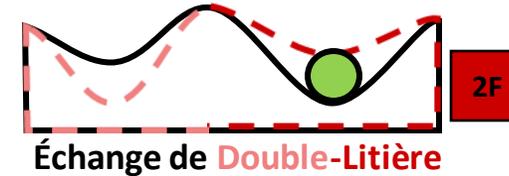
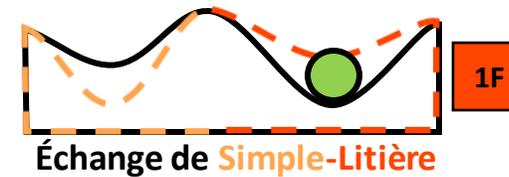
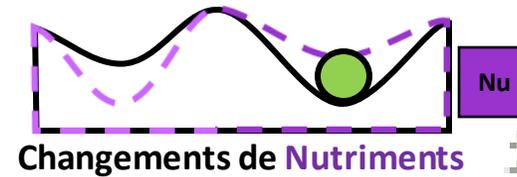
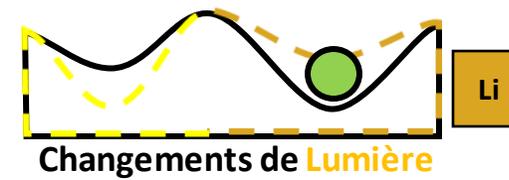


Treatment was significant  
(PERMANOVA,  $F_{2,53} = 19.9709$ ,  $P < 0.0001$ )



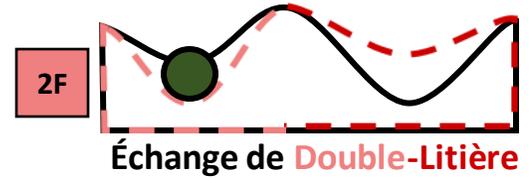
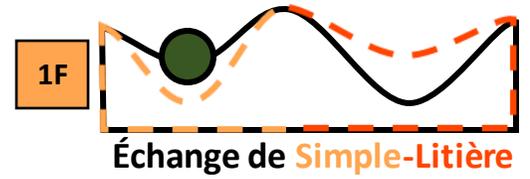
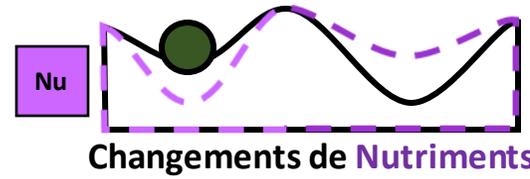
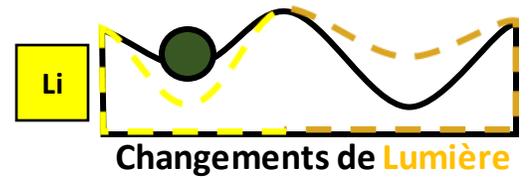
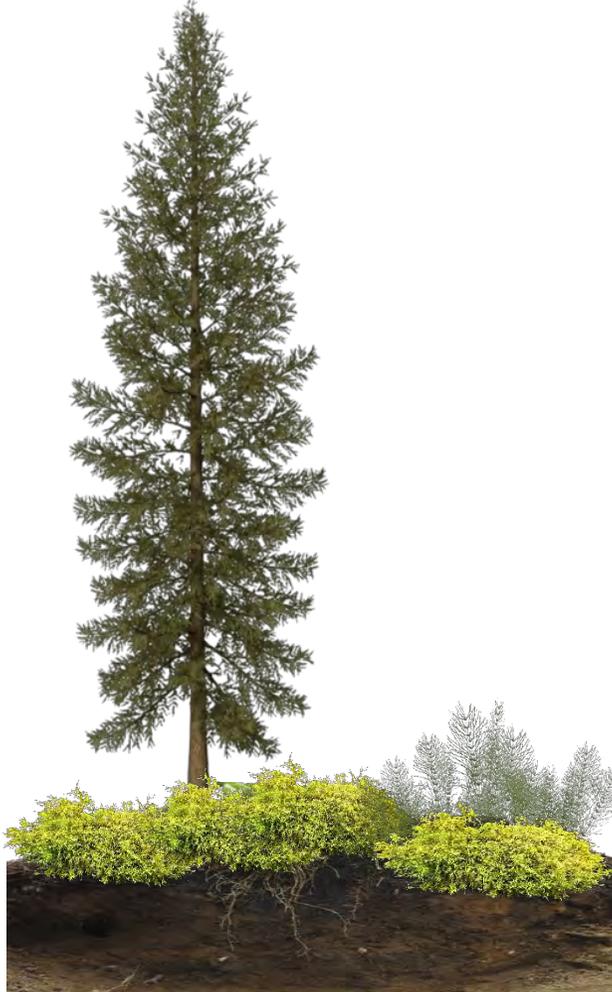
Significant interaction of Treatment and Year  
(PERMANOVA,  $F_{1,53} = 3.2207$ ,  $P < 0.005$ )

# Principaux effets dans l'approche écosystémique



**Sous-bois de la forêt de trembles résistant aux changements de leurs conditions locales !**

# Principaux effets dans l'approche écosystémique

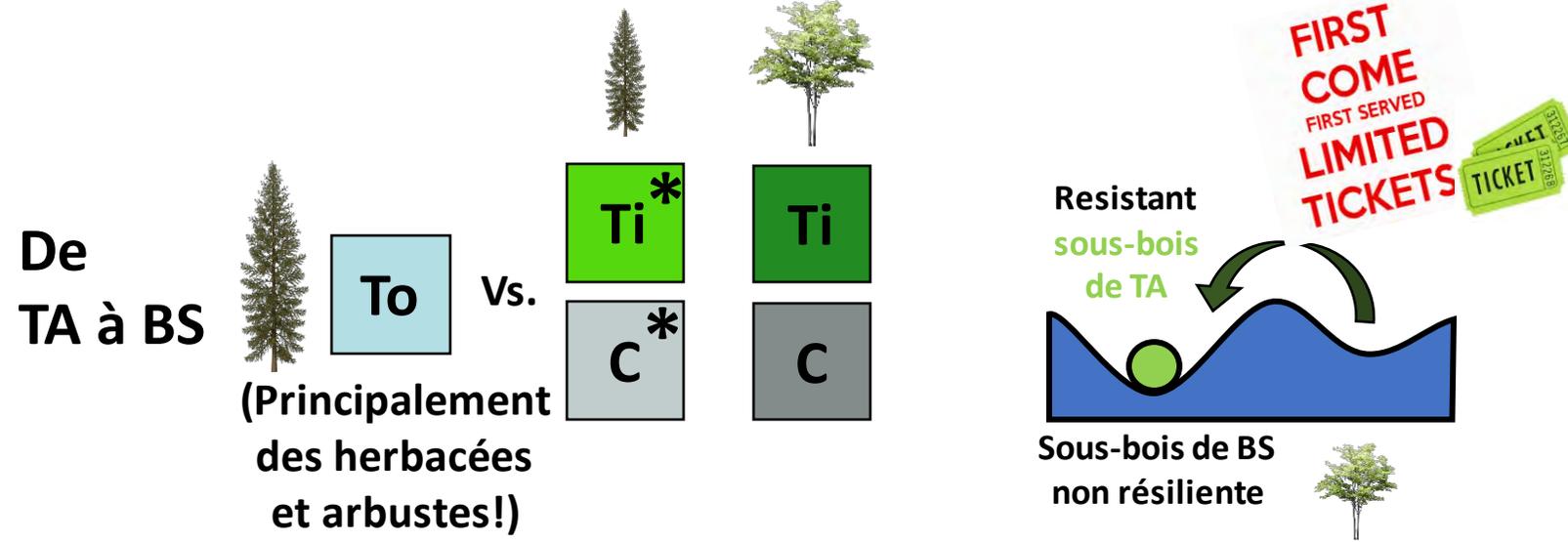


- ✓ Effet négatif sur la biomasse, la croissance, le potentiel de reproduction et la survie des mousses.
  - ✓ Un effet physique plus que chimique !
  - ✓ ...par ombrage ou écrasement des mousses
- (Startsev et al. 2008; Jean et al. 2020)

La litière de tremble a un effet négatif sur la végétation de sous-bois des forêts d'épinettes

# Effets sur la végétation de sous-bois après 5 ans - Approche des communautés

*Hypothèse: La composition des plantes du sous-bois transplanté changera au cours du temps pour se ressembler à la végétation du peuplement hôte.*



Ho **X**

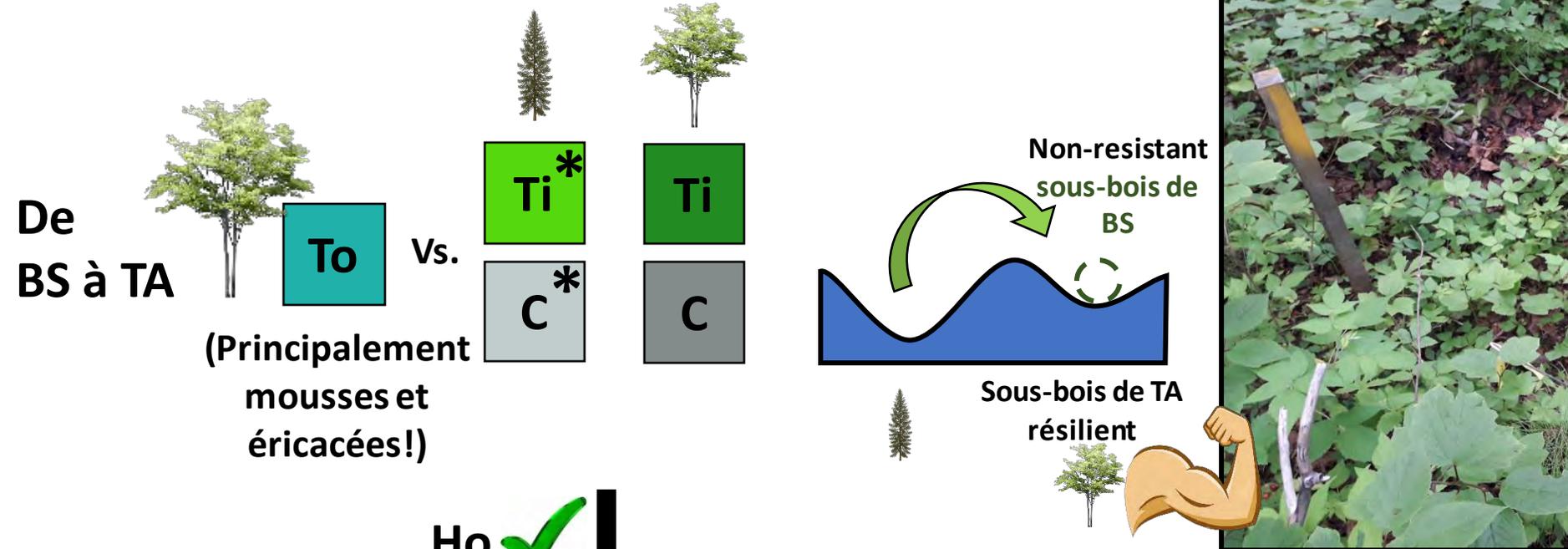
La végétation transplantée des forêts de trembles à des forêts d'épinettes a **résisté** au cours du temps et est restée similaire à la végétation d'origine.



\* Significativement différent

# Effets sur la végétation de sous-bois après 5 ans - Approche des communautés

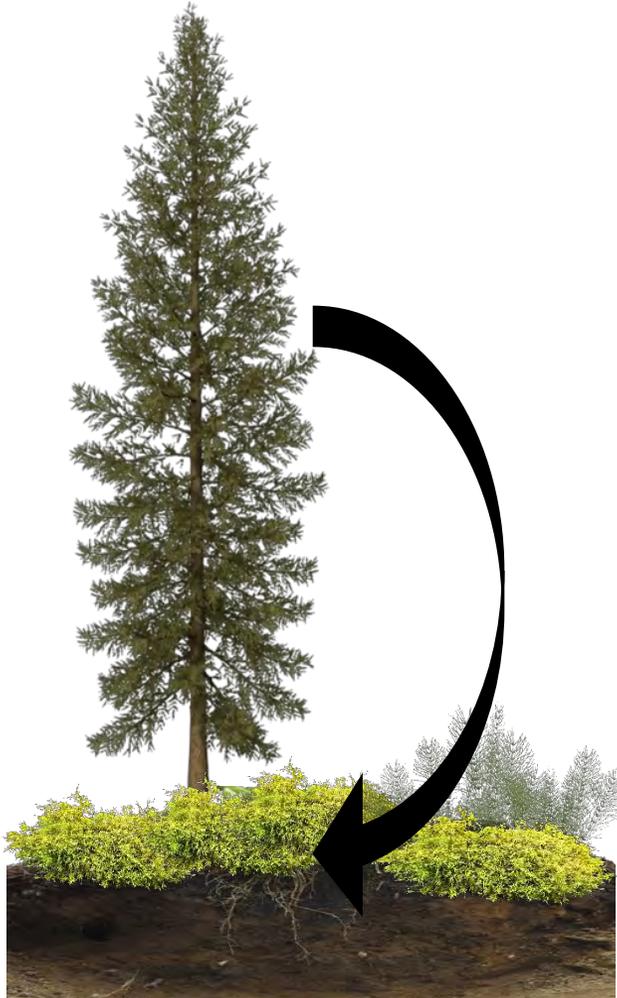
*Hypothèse: La composition des plantes du sous-bois transplanté changera au cours du temps pour se ressembler à la végétation du peuplement hôte.*



Végétation de sous-bois transplanté de forêts d'épinettes au forêts de trembles **n'était pas résistante** mais a change au cours du temps vers la végétation du peuplement hôte

\* Significativement différent

# Feedbacks entre la canopée et le sous-bois



Dominance de la  
canopée détermine :

Local abiotic  
conditions

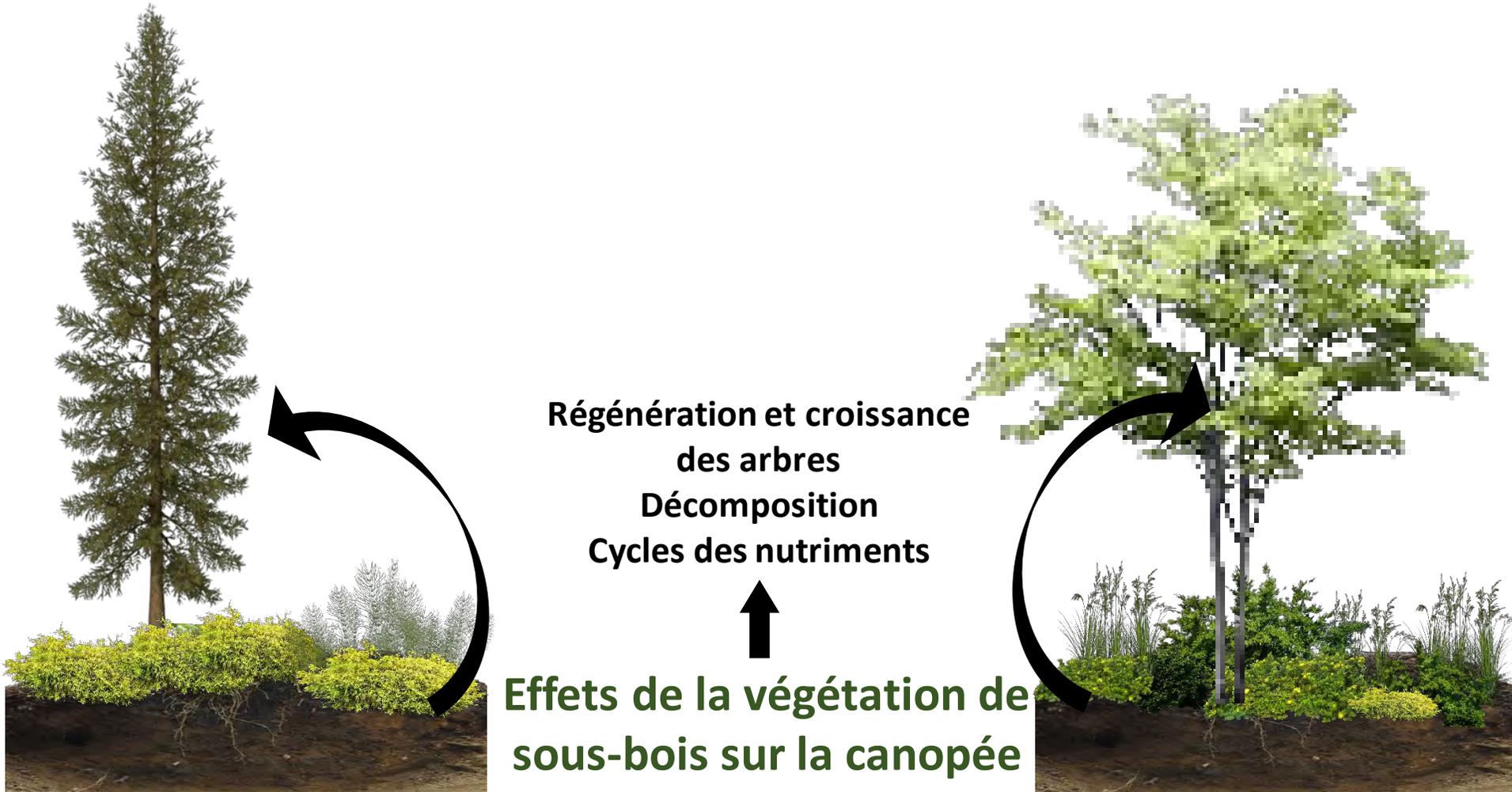
Plant communities  
(Vascular and bryophytes)

Soil microbial  
communities

Moss phyllosphere



# Feedbacks entre la canopée et le sous-bois



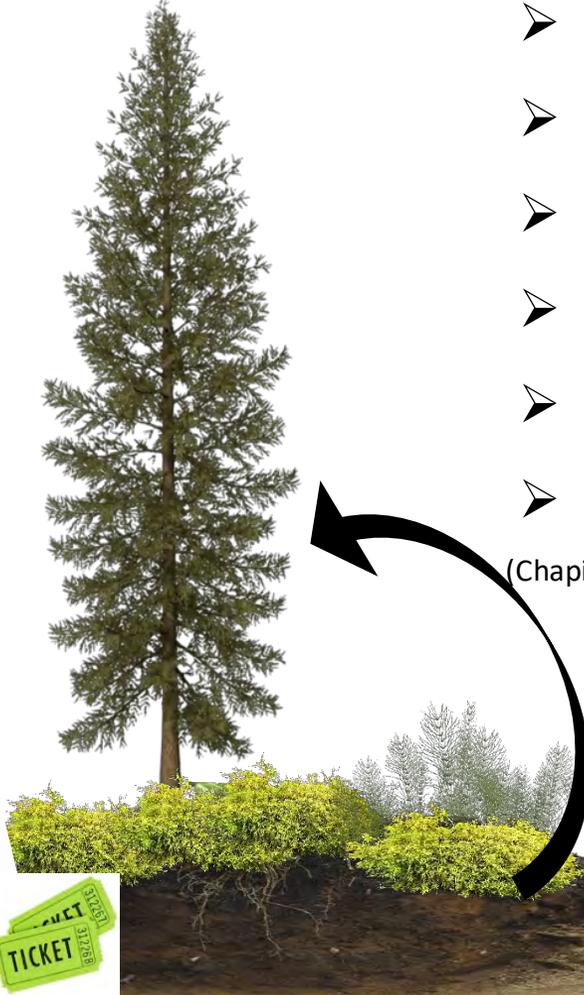
**Le sous-bois est un moteur clé de l'écosystème qui façonne la future dominance de la canopée et maintient la stabilité du système !**

(Nilsson & Wardle, 2005)

# Les principales sources de la résilience écologique dans la forêt boréale

- Approvisionnement en ressources
- Régimes de perturbation
- Événements stochastiques
- Diversité d'espèces
- Diversité fonctionnelle
- Feedbacks de l'écosystème

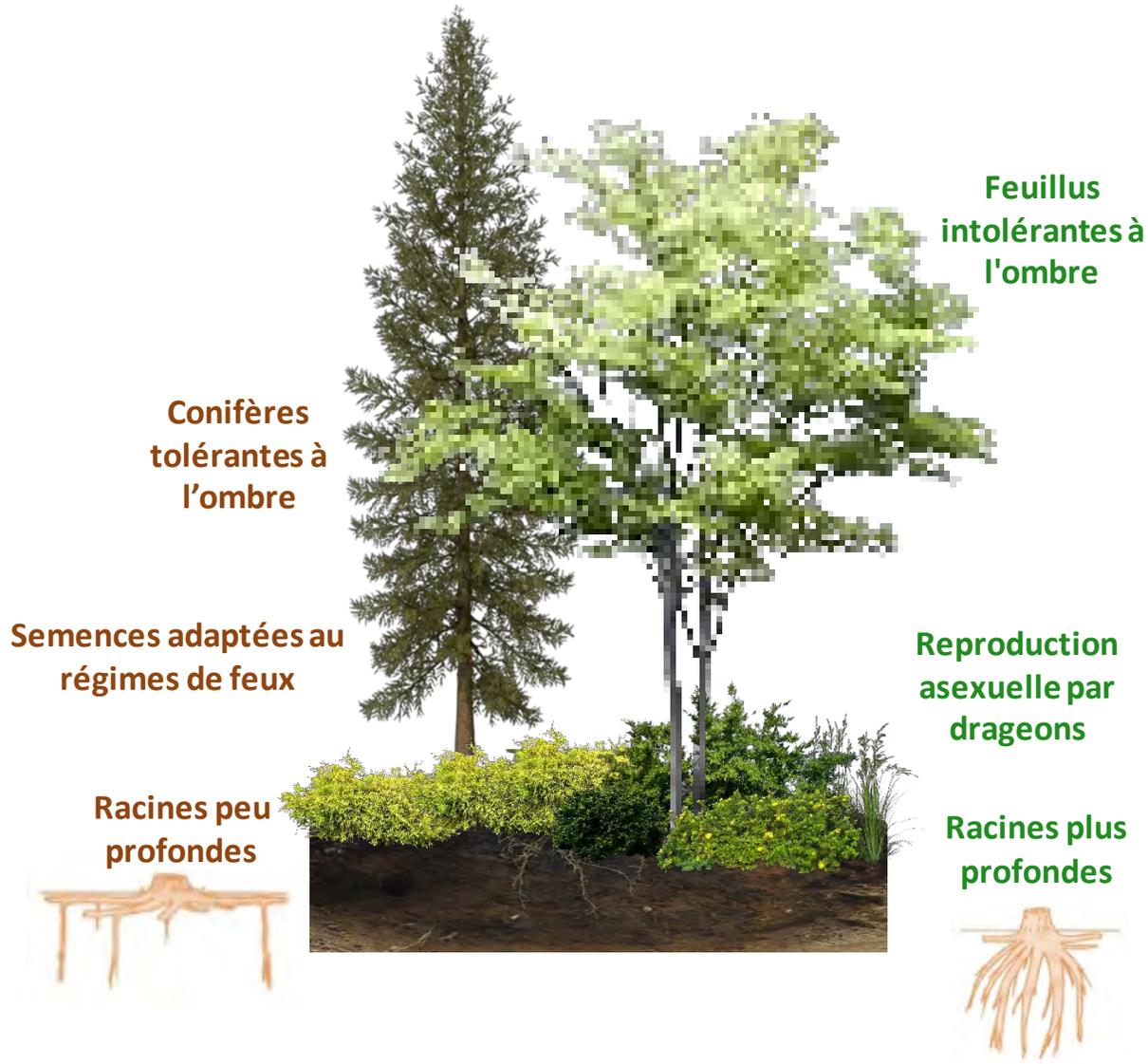
(Chapin et al. 2006; Johnstone et al. 2010; Oliver et al. 2015)



**FIRST  
COME  
FIRST SERVED  
LIMITED  
TICKETS**



# Influence positive de trembles dans les forêts d'épinettes



- ✓ Différenciation des niches entre les deux arbres
- ✓ Augmentation de nutriments dans le sol
- ✓ Plus de diversité
- ✓ Favoriser la productivité d'épinettes noires avec une certaine proportion des peupliers faux-tremble
- ✓ Éviter les tendances à la paludification

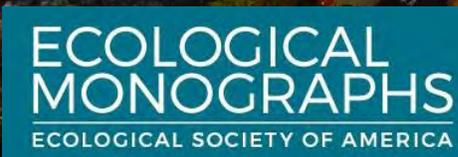
(Légaré et al. 2004; 2005; Boucher et al. 2014; Ghotsa et al. 2020)

(Figures de racines: Ecology and Management of Forest Soils by Binkley & Fisher)

*Thank you!*



Article à resoumettre à:



Références sur demande

[juanitacarolina.rodriguezrodriguez@uqat.ca](mailto:juanitacarolina.rodriguezrodriguez@uqat.ca)

## Collaborators!

### Founding MITACS demand

-Igor Drobyshev

### Jury - Project de thèse

-Sonia Légaré  
-Armand Séguin

### Jury - Soutenance de thèse

-Xavier Cavard  
-Ellen McDonald  
-Johannes Rousk

### Partenaires industriels

-Marie-Eve Sigouin  
-Geneviève Labrecque  
-Félix Guay

### Support statistique

-Philippe Marchand  
-Kobra Maleki  
-Pierre Legendre

### Cartes des sites d'étude

-Carlos Cerrejón

### Analyses de sols

-Notre-Dame du Nort-UQAT

## All field assistants!

Raphaële Piché, Gabriel Racine,  
Francis Bordeleau-Martin,  
Hélène Dion-Phénix, Louis  
Dubois, Mélisande Nagati,  
Andréane Garant, Chloé Lavelle,  
Annie Claude Bélisle, Daphne  
Meissner, Todor Minchev,  
Roberto Sepulveda, Jeffrey  
Opoku-Nyame, Alfred  
Coulombe, Tatiana Corredor,  
Marion Barbé



**Julie Arseneault**



**Danielle Charron**



**Geneviève Bourret**



Chaire UQAT-UQAM  
en aménagement forestier durable

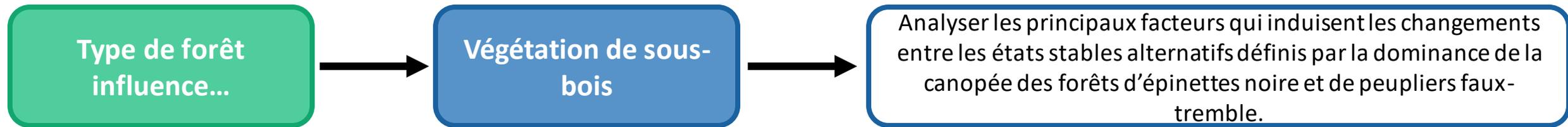
## Lab members





# Question de recherche

Comment la dominance des arbres dans les forêts d'épinettes noire et de peupliers tremble influence-t-elle la composition des plantes du sous-bois ?



Simuler les conditions des  
forêts d'épinettes noires dans des forêts de peupliers faux-trembles,  
et vice-versa !

*Article à resoumettre à:*

**ECOLOGICAL  
MONOGRAPHS**  
ECOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA

# Régénération forestière après un incendie

- (A)
- Landscape composition
  - Site conditions (parent material, topography, soils)
  - Climate
  - Pre-fire stand composition

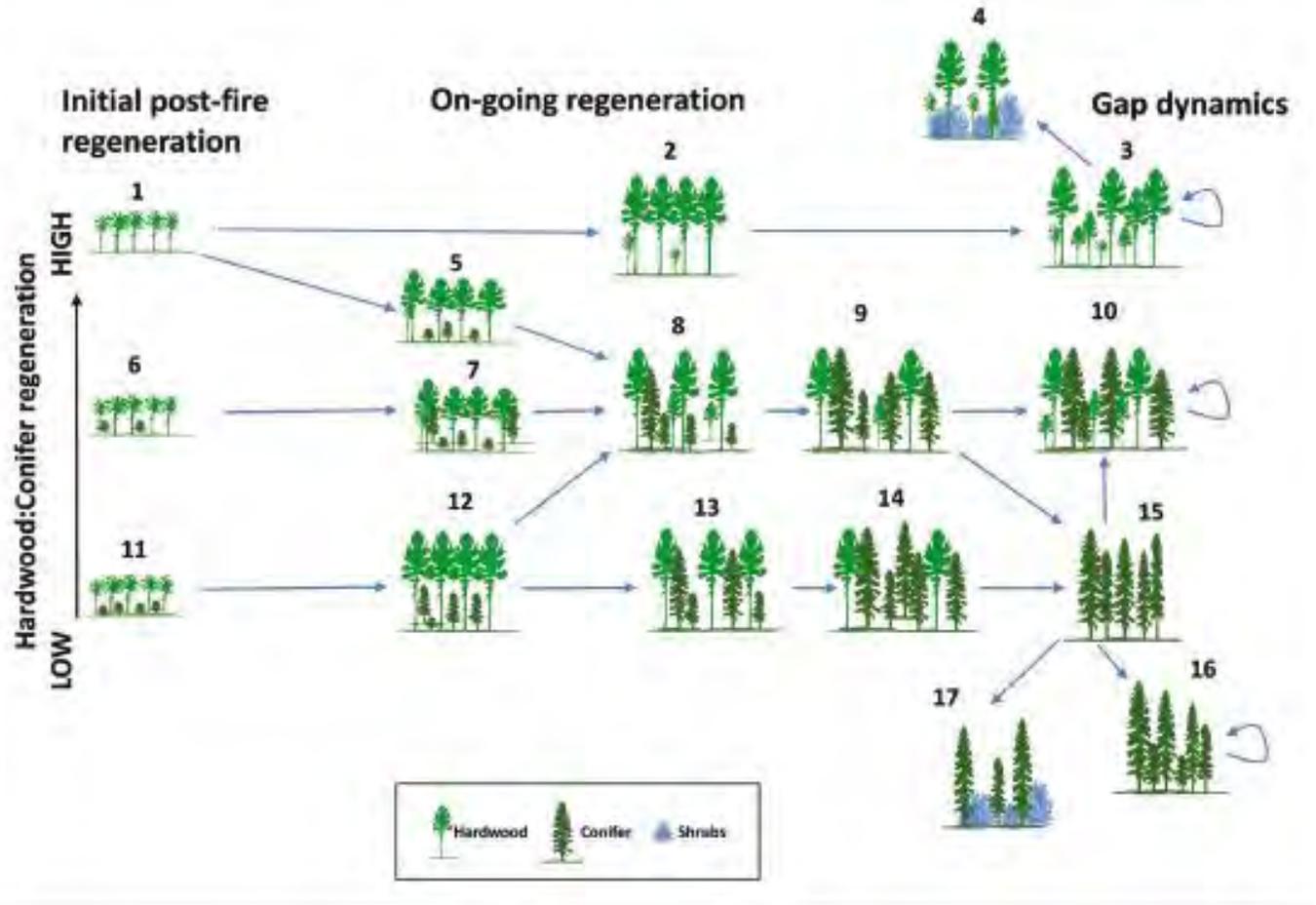
**Fire**  
severity, frequency, size

- (B)
- Availability of reproductive propagules (regional species pool)
  - Species reproductive traits
  - Regeneration microsites
  - Microenvironment

**Post-disturbance  
Regeneration**

- (C)
- Species tolerance and longevity
  - On-going regeneration
  - Competition, Herbivory
  - Secondary disturbances

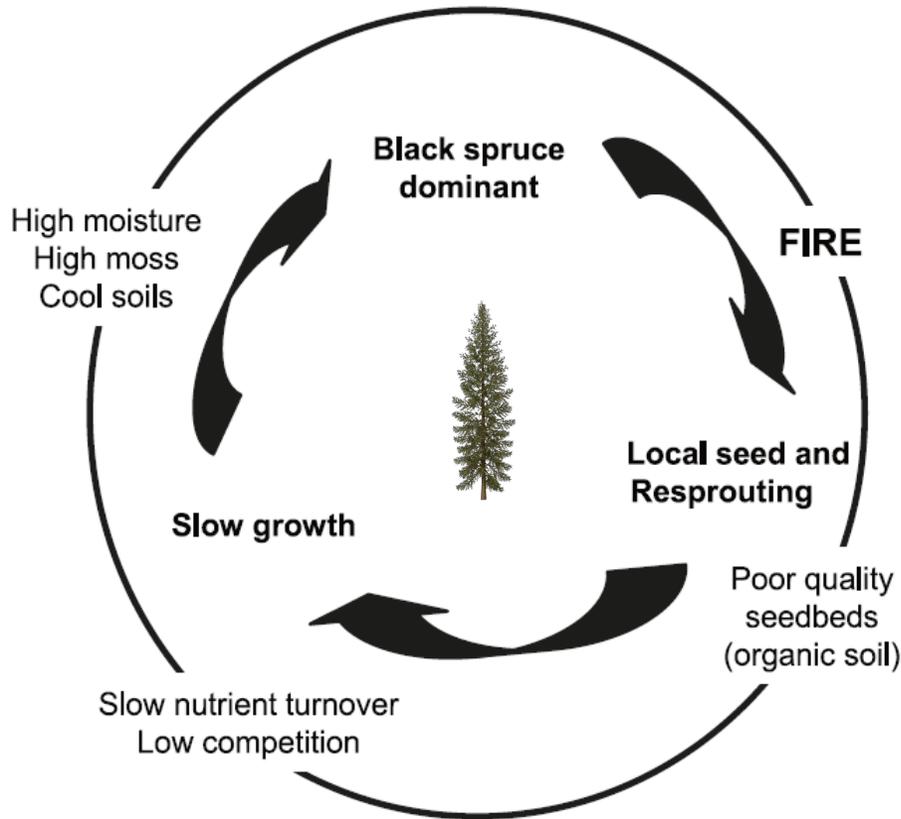
**Ongoing stand  
development**



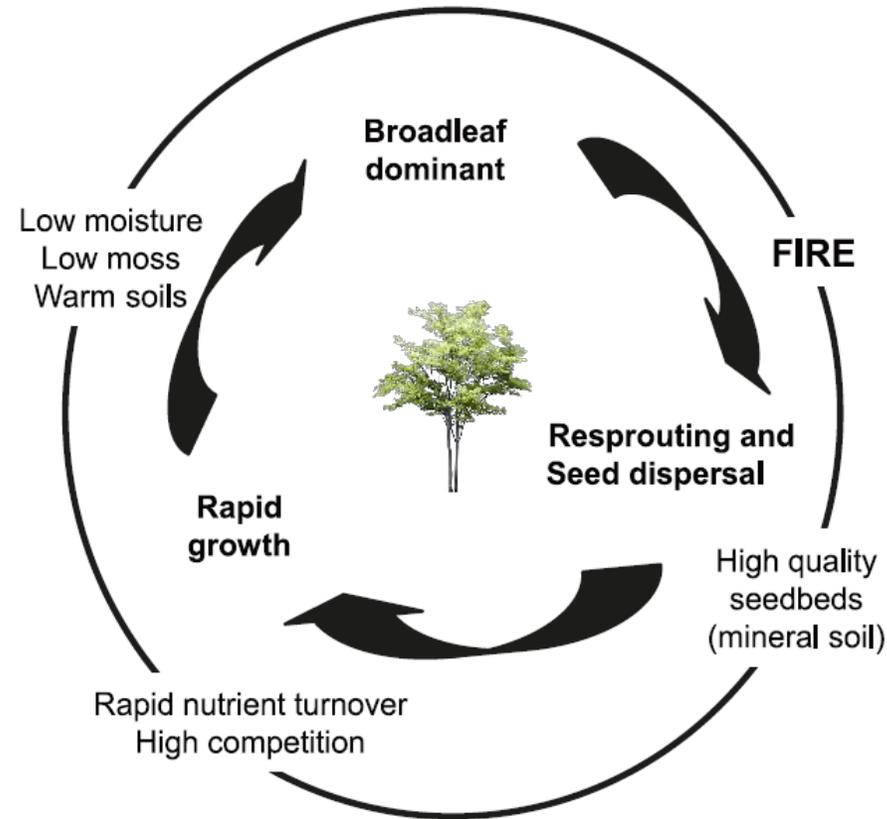
(Source of Figures: Bergeron et al. 2014)

# États stables alternatifs

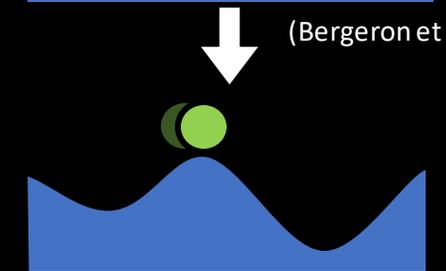
(A) Black spruce domain



(B) Broadleaf forest domain

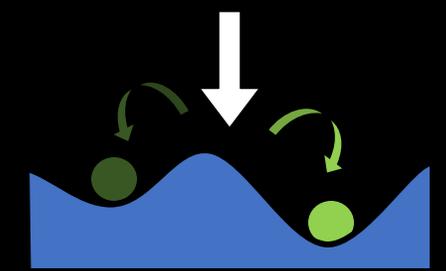


(Bergeron et al. 2004)



BS TA

Deux états alternatives stables se forment et existent comme forêts adjacentes



BS TA

Type de Forêts (Domaines d'attraction)

- Understory vegetation from black spruce stands
- Understory vegetation from trembling aspen stands
- BS** Black spruce stable state
- TA** Trembling aspen stable state

Communautés de sous-bois (balles) sont tirés pour atteindre un état stable (type de forêt)

(Beisner et al. 2003; Pausas and Bond 2020)

(Figure from: Johnstone et al. 2010)

|              |           |              |              |           |            |
|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|------------|
| Introduction | Objectifs | Aire d'étude | Méthodologie | Résultats | Discussion |
|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|------------|

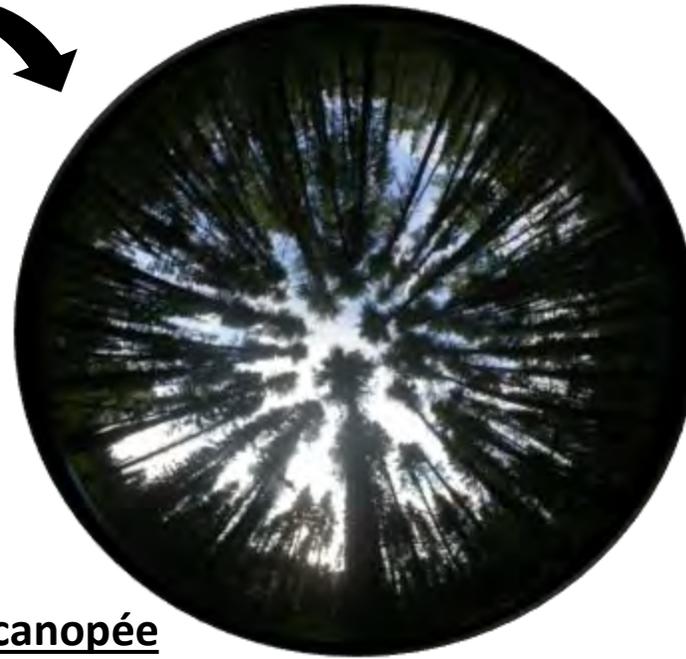
# Données environnementales



Lumière



Densité de la canopée  
(Densimètre sphérique convexe)



Température  
Au cours du temps



i-Buttons®



Propriétés  
physicochimiques du sol



Humidité du sol