

# Complexité et résilience aux perturbations à l'échelle du massif forestier

(suite de l'histoire présentée à FOREM 2022)

P. Vallet, A. Guyennon, R. Aussenac, J.-M. Monnet, B. Reineking, T. Cordonnier

FOREM, 09-11 mai 2023, Grenoble



*University of Ljubljana*



UNIVERSITY OF AGRICULTURE  
IN KRAKOW

## ➤ I-Maestro en 1 question

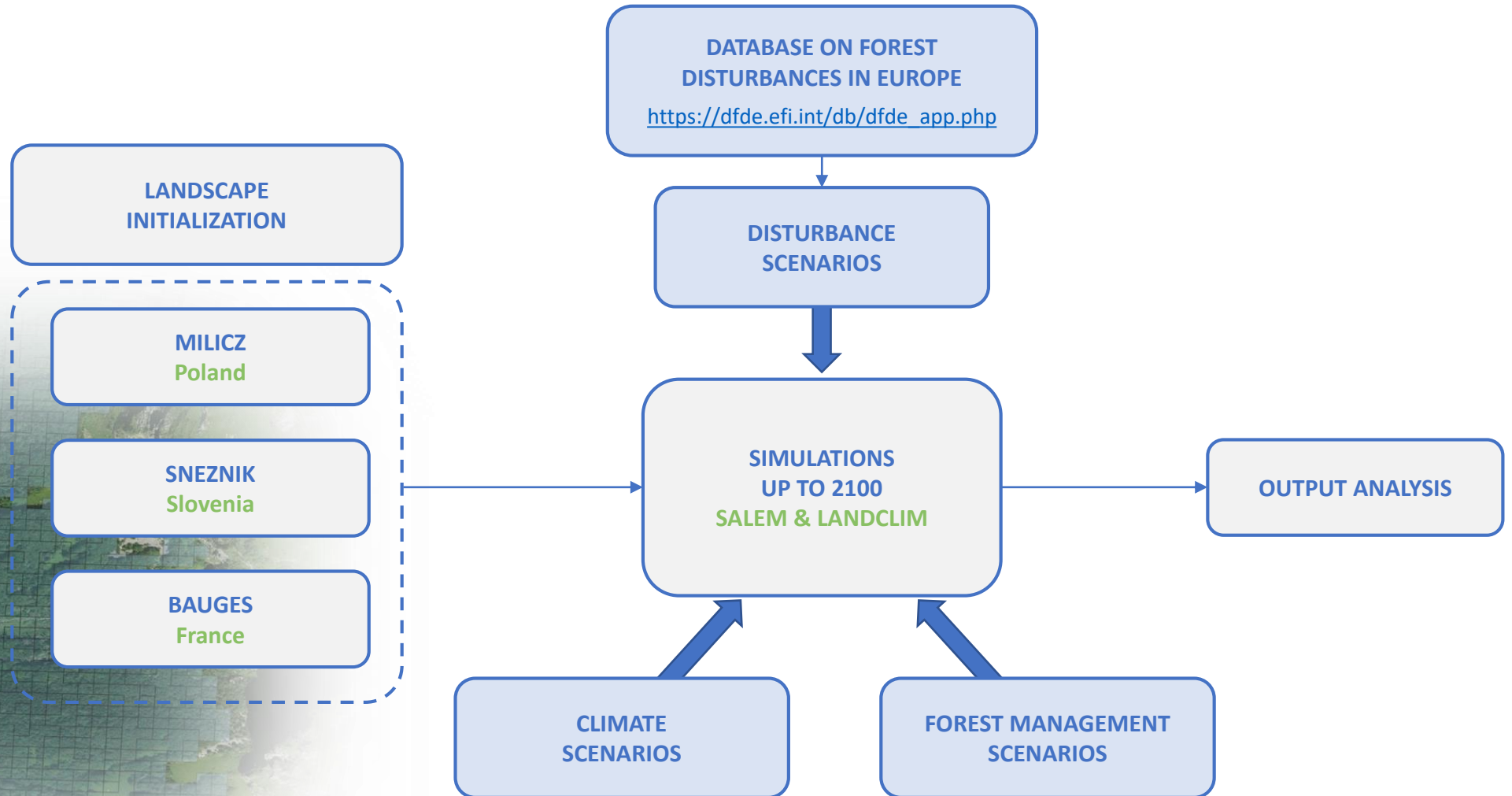
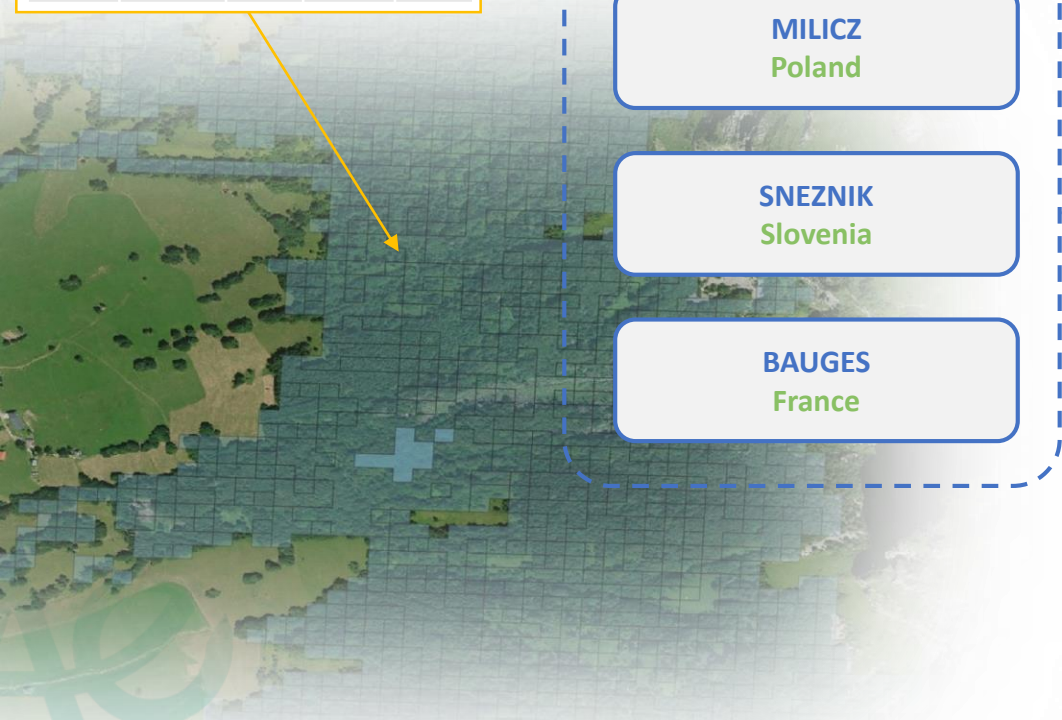


Est-ce qu'**augmenter la complexité structurelle** est une bonne stratégie pour assurer une bonne **fourniture de services écosytémiques**?

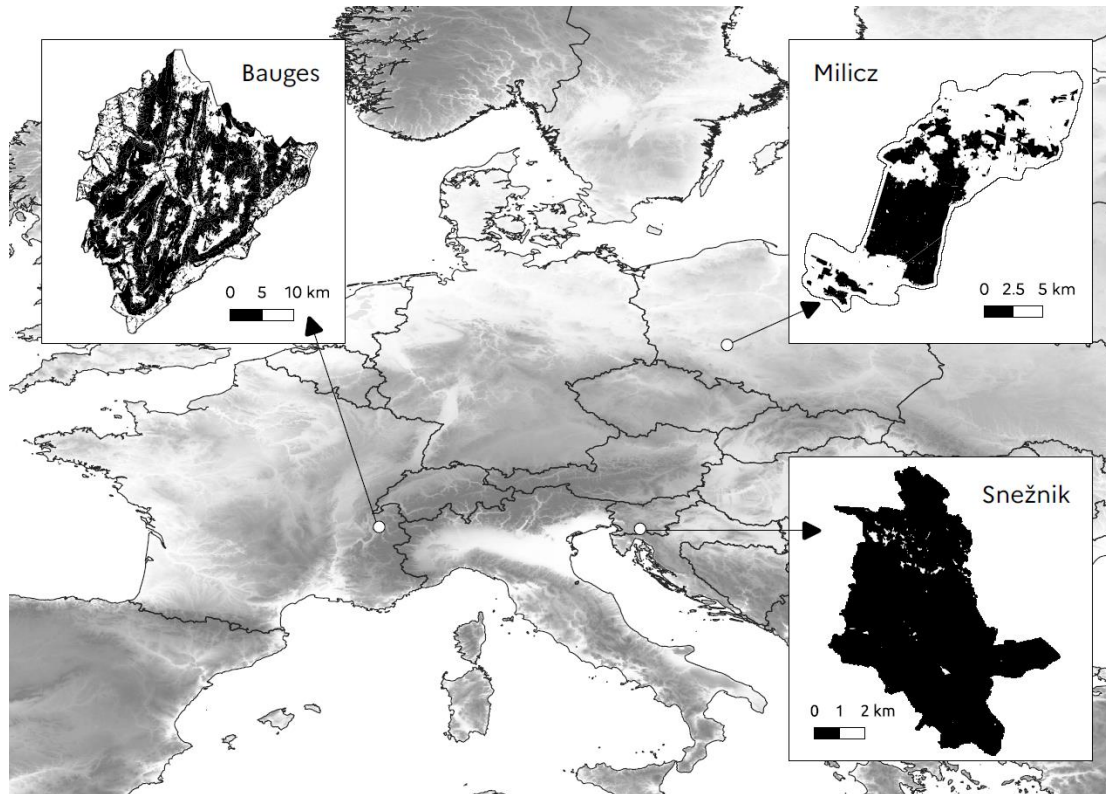
# ➤ Simulations à l'échelle d'un massif forestier

**Initialisation :**  
Cf. FOREM 2022

Cell ID	sp	n	dbh	h
298683	Abies alba	1	48.2	24.8
298683	Abies alba	1	43.5	24.1
298683	Picea abies	3	31.3	21.5
298683	Fagus sylv.	3	30.1	20.6
298683	Picea abies	5	17.8	14.2
298683	Fraxi. ex.	5	15.6	16.4
298683	Fraxi. ex.	6	12.8	14.5
298683	Sorbus auc.	6	9.4	9.8



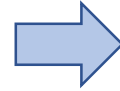
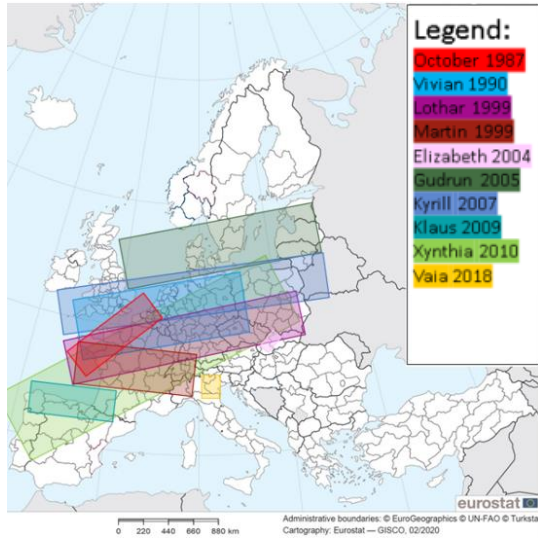
## ➤ 3 sites d'étude



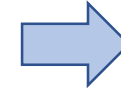
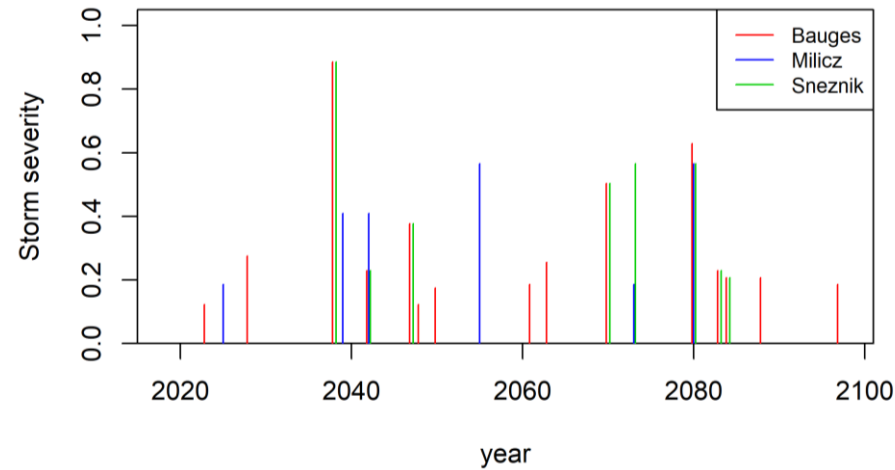
- **Massif des Bauges**  
51 500 ha (> 820 000 pixels de 1/16<sup>e</sup> d'hectare)  
Futaie irrégulière de Sapin – Hêtre - Epicéa
- **Plaines de Milicz**  
7 700 ha (> 120 000 pixels de 1/16<sup>e</sup> d'hectare)  
Futaie régulière de pin sylvestre
- **Massif de Snežnik**  
4 700 ha (> 75 000 pixels de 1/16<sup>e</sup> d'hectare)  
Futaie régulière et irrégulière de Sapin – Hêtre

# ➤ Scénarios de perturbation

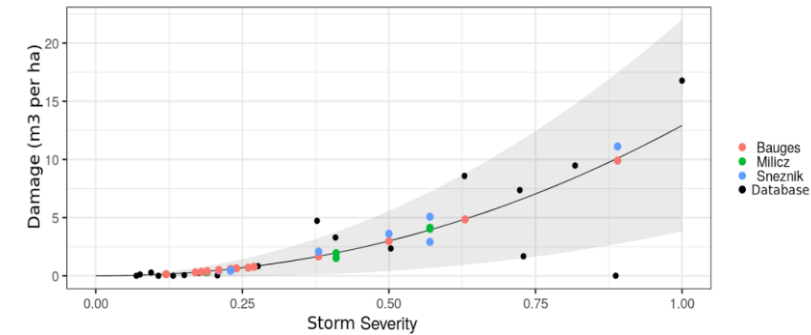
Tempêtes observées



Tirage des occurrences de tempête



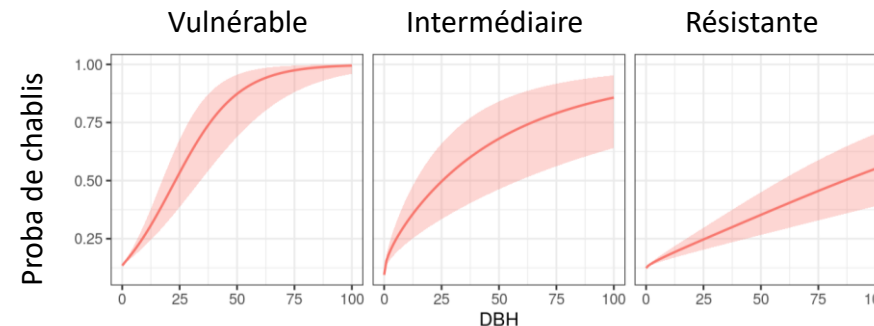
Répartition des dégâts par parcelle



Tirage dépendant de la topographie  
 Calage des dégâts globaux  
 Dépendant de la sévérité de la tempête



Sélection des arbres chablis



En fonction du DBH  
 De l'espèce (+ ou -résistante)  
 De la sévérité de la tempête

## ➤ Scénarios de gestion – Expérience de simulation

Plan de simulation générique

Type de scénario	Echelle peuplement	Echelle massif
Baseline	S-Baseline	L-Baseline
Intensification	SI	LI
Extensification	SE	LE
Trade-off 1	SE	LI
Trade-off 2	SI	LE

## ➤ Scénarios de gestion – Expérience de simulation

### Plan de simulation générique

Type de scénario	Echelle peuplement	Echelle massif	Favoriser la complexité
Baseline	S-Baseline	L-Baseline	Non
Intensification	SI	LI	Non
Extensification	SE	LE	Non
Trade-off 1	SE	LI	Non
Trade-off 2	SI	LE	Non
Baseline	S-Baseline-C	L-Baseline-C	Oui
Intensification	SI-C	LI-C	Oui
Extensification	SE-C	LE-C	Oui
Trade-off 1	SE-C	LI-C	Oui
Trade-off 2	SI-C	LE-C	Oui

10 modalités x 3 sites x 2 modèles  
Pour LandClim : x3 scénarios climatiques



> 10 millions de simulations pour SALEM  
> 30 millions de simulations pour LandClim



## ➤ Scénarios de gestion – Expérience de simulation

Déclinaison par site d'étude

		SITE D'ETUDE		
		Bauges	Milicz	Sneznik
Echelle peuplement: Règles sylvicoles	Intensification		Diminuer les diamètres d'exploitabilité ou les rotations Augmenter l'intensité des éclaircies	
	Extensification		Augmenter les diamètres d'exploitabilité ou les rotations Diminuer l'intensité des éclaircies	
	Complexification		Augmenter l'équilibre des mélanges Favoriser les espèces peu représentées Différencier les diamètres de récolte	
Echelle territoire: Répartition des règles	Intensification	+ 8% de peuplements gérés	+ 0% de peuplements gérés	+ 0% de peuplements gérés
	Extensification	- 8% de peuplements gérés	- 20% de peuplements gérés	-20% de peuplements gérés
	Complexification	Augmenter l'équilibre des types de gestion (régulier/irrégulier)	Gérer les peuplements de chênes et hêtre en irrégulier	Augmenter l'équilibre des types de gestion (régulier/irrégulier)

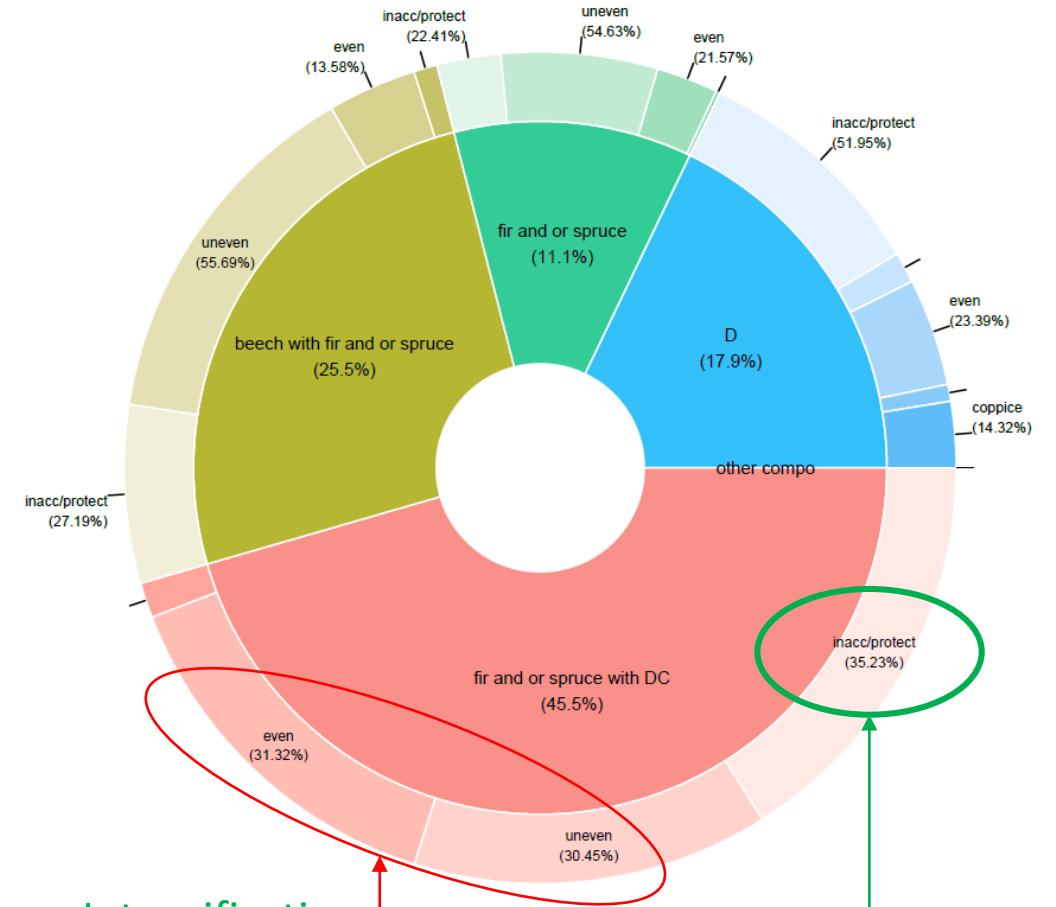


# ➤ Echelle territoire – Exemple pour les Bauges

## Baseline



## Intensification + Complexification

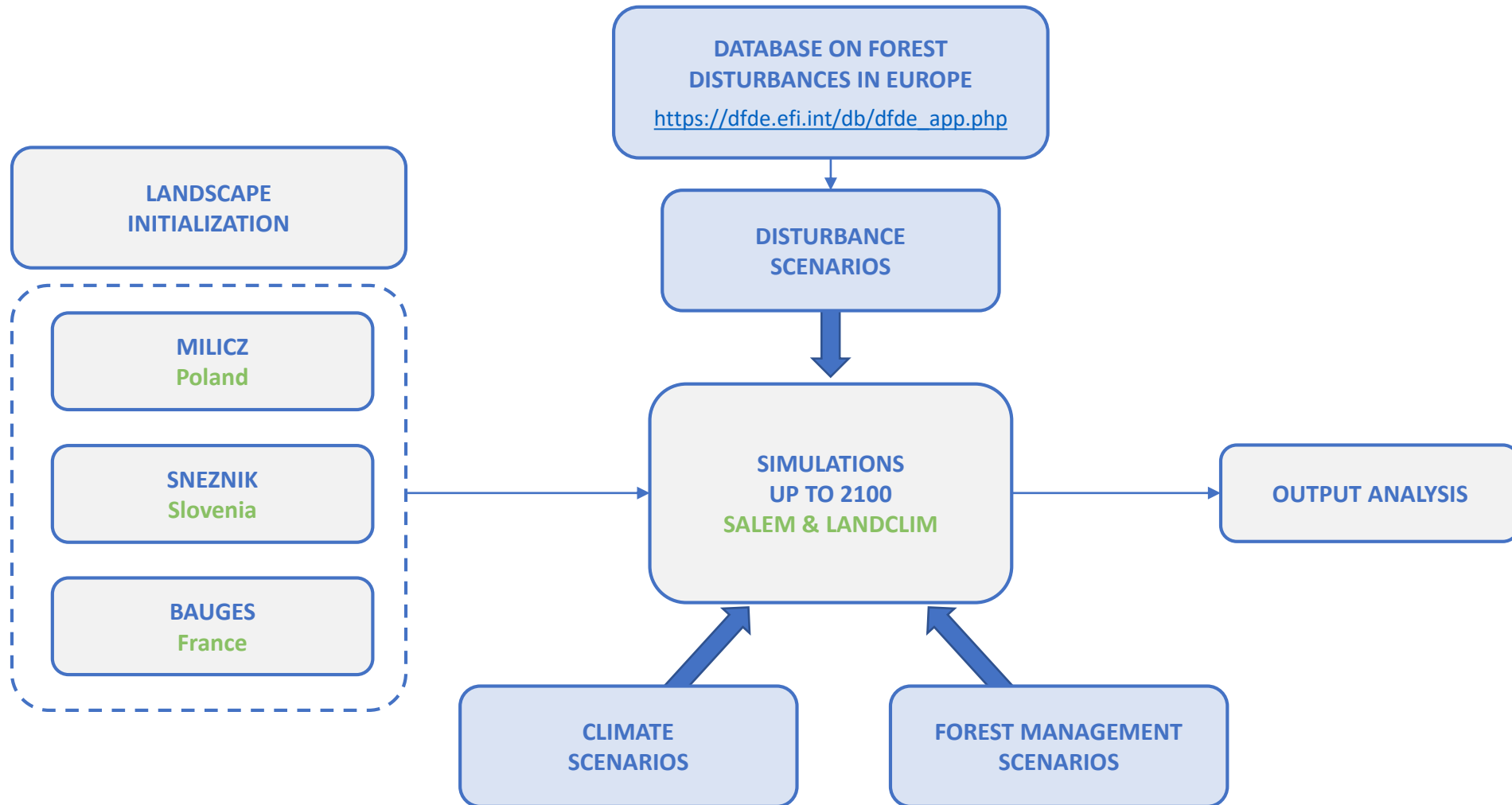


Intensification

Complexification



## ➤ Simulations à l'échelle d'un massif forestier



# ➤ Résultat 1 : compromis entre diversité $\alpha$ et diversité $\beta$

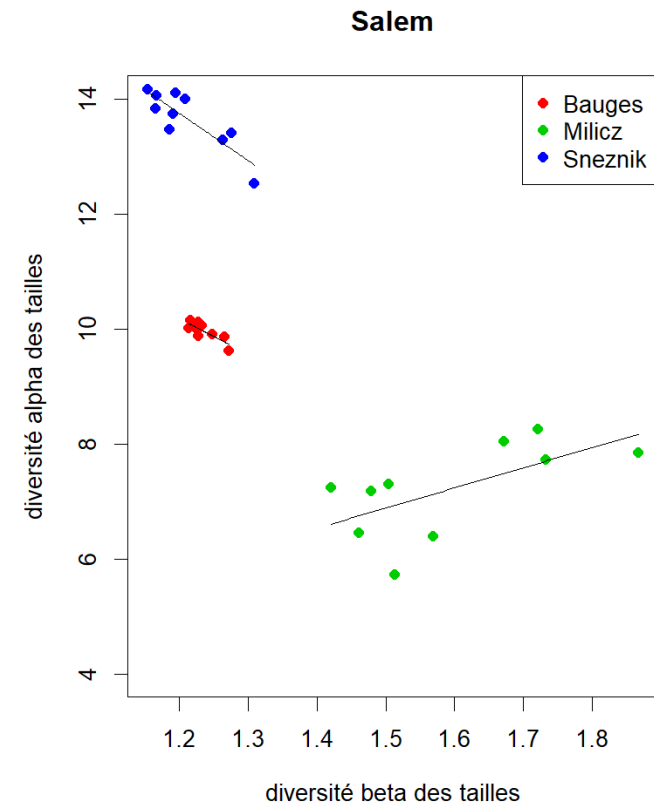
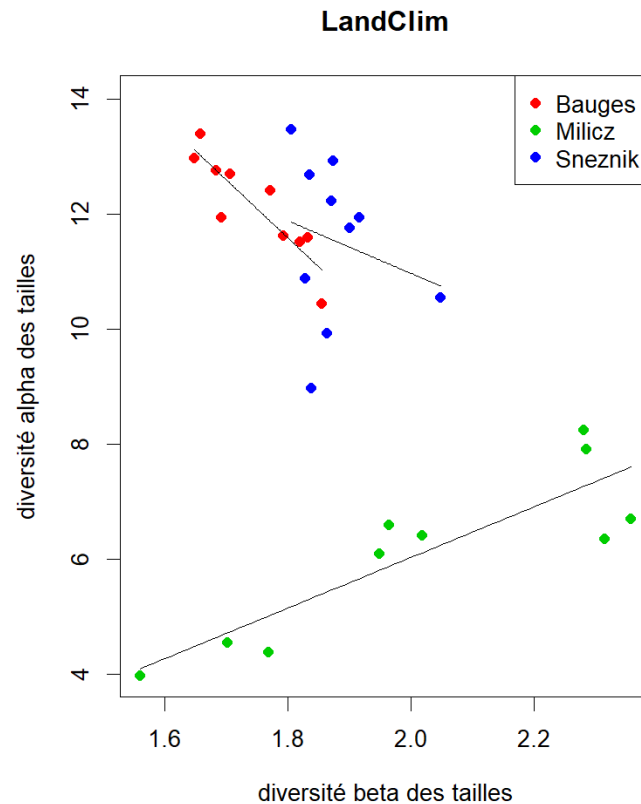
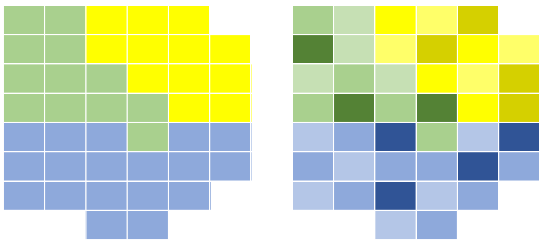
## Stand scale

Alpha diversity



## Landscape scale

Beta diversity



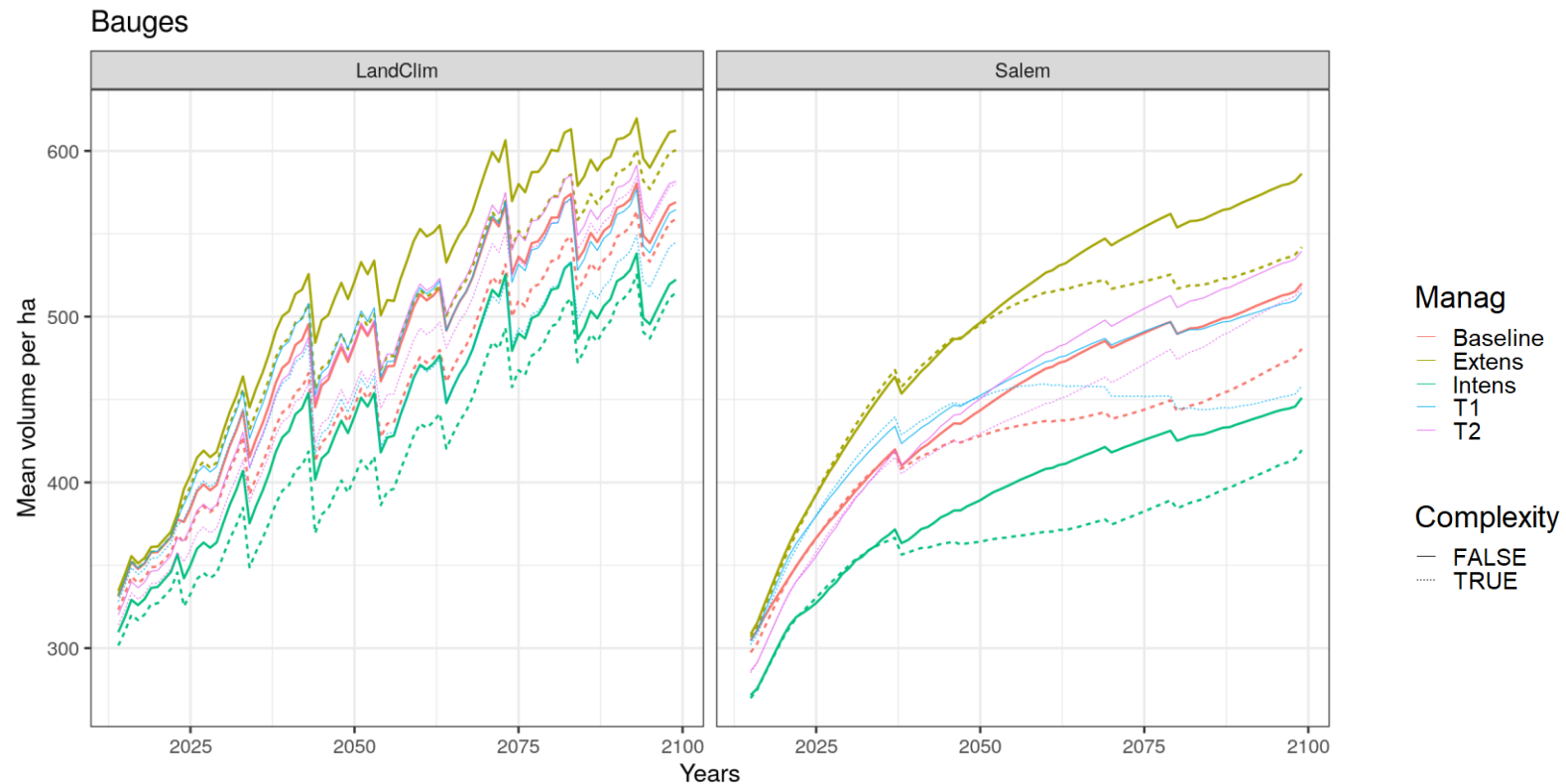
Lien entre  $\alpha$  et  $\beta$  :

- Quand  $\alpha$  est grand : compromis entre  $\alpha$  et  $\beta$
- Quand  $\alpha$  est petit : synergie entre  $\alpha$  et  $\beta$

## ➤ Résultats 2

- Evolution des indicateurs / Services écosystémiques

## ➤ Evolution du volume de bois sur pied



LandClim : effet de la synchronisation des éclaircies très visible

Salem : effet des tempêtes principales marqué

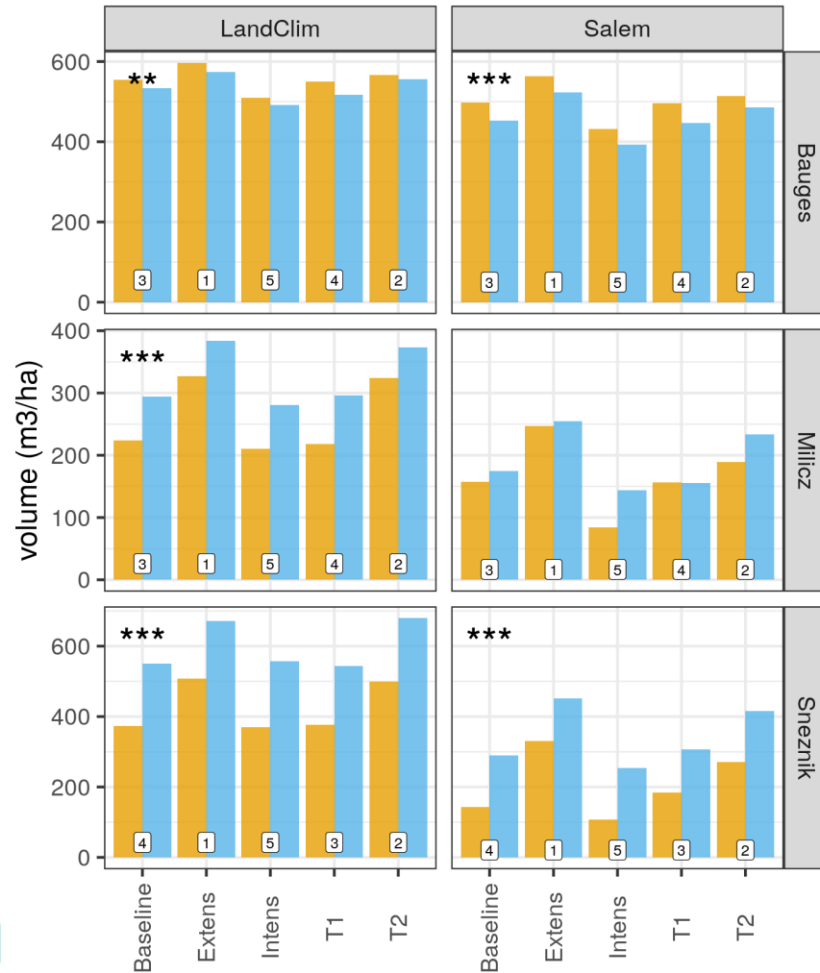
Bonne concordance entre les deux modèles:

- Tendence globale; ordre des scénarios; effet de la complexité

# ➤ Volumes de bois sur pied finaux

Période 2075-2094

Mean Volume standing stocks



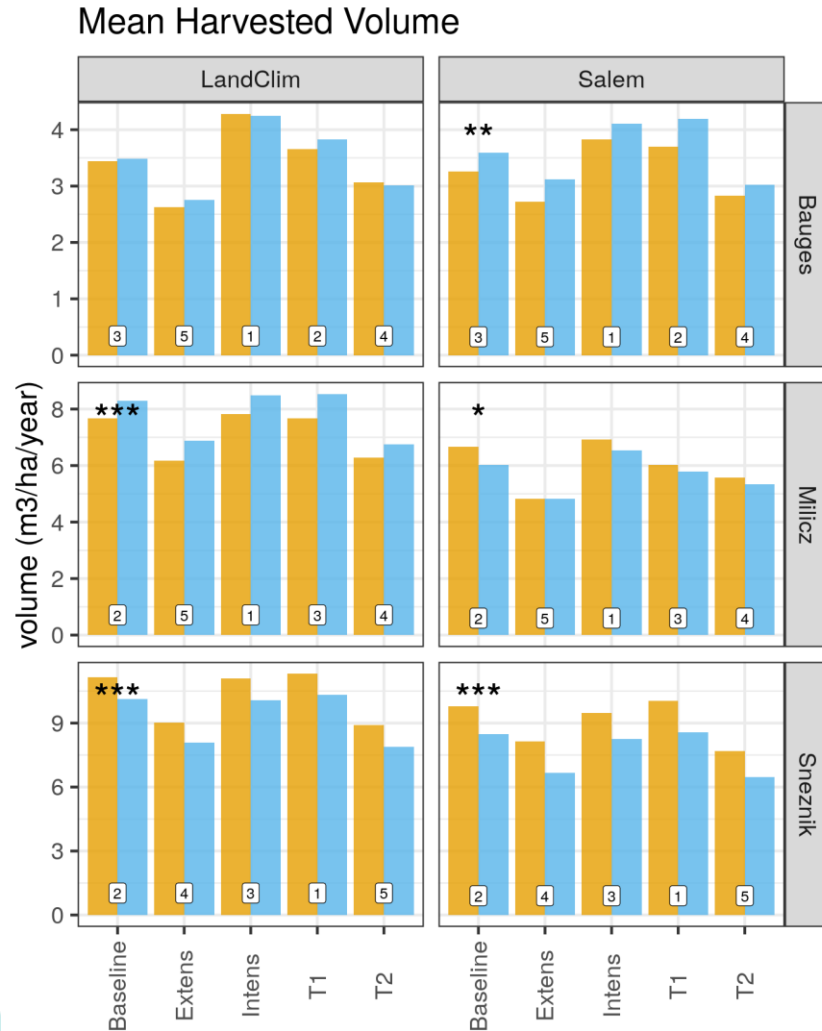
Type de gestion :  
Résultats attendus de l'intensification / extensification / trade-offs

Complexification :  
Diminution dans les Bauges  
Augmentation à Milicz et Sneznik

➤ Lié principalement à la proportion de futaie régulière / futaie irrégulière

# ➤ Volumes de bois récoltés

Période complète 2015 - 2100



Type de gestion :

Résultats attendus de l'intensification / extensification / trade-offs

Résultats fortement influencés par l'échelle territoire  
(augmentation de la part mise en gestion)

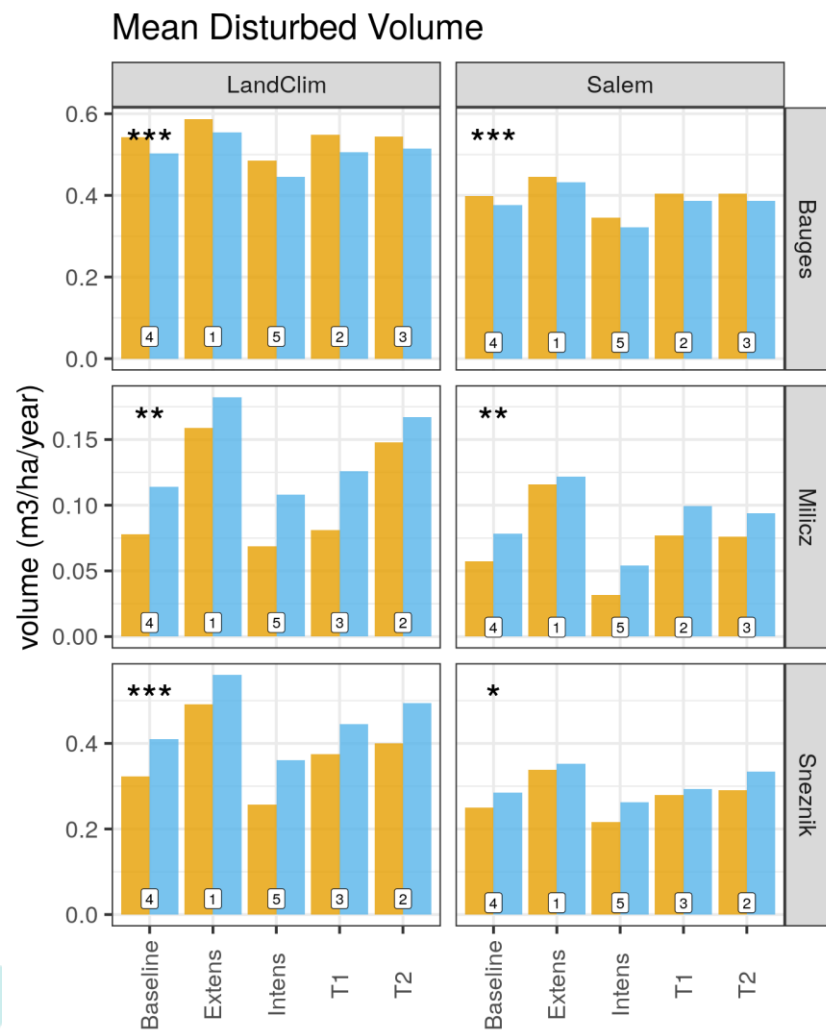
Complexification :

Idem, même si le signal est moins clair

- Lié principalement à la proportion de futaie régulière / futaie irrégulière

# ➤ Volumes de chablis

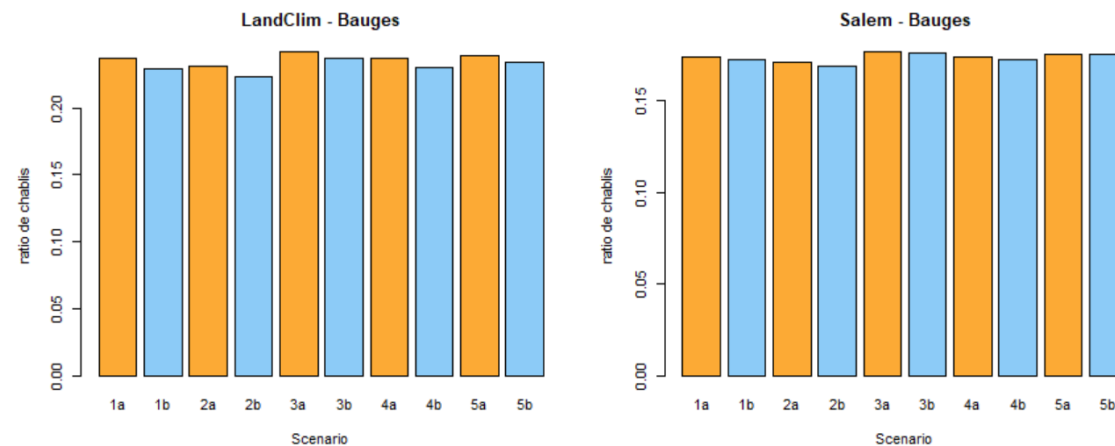
Période complète 2015 - 2100



Résultats liés au volume de bois sur pied

- Influence majeure de la proportion de futaie régulière / futaie irrégulière

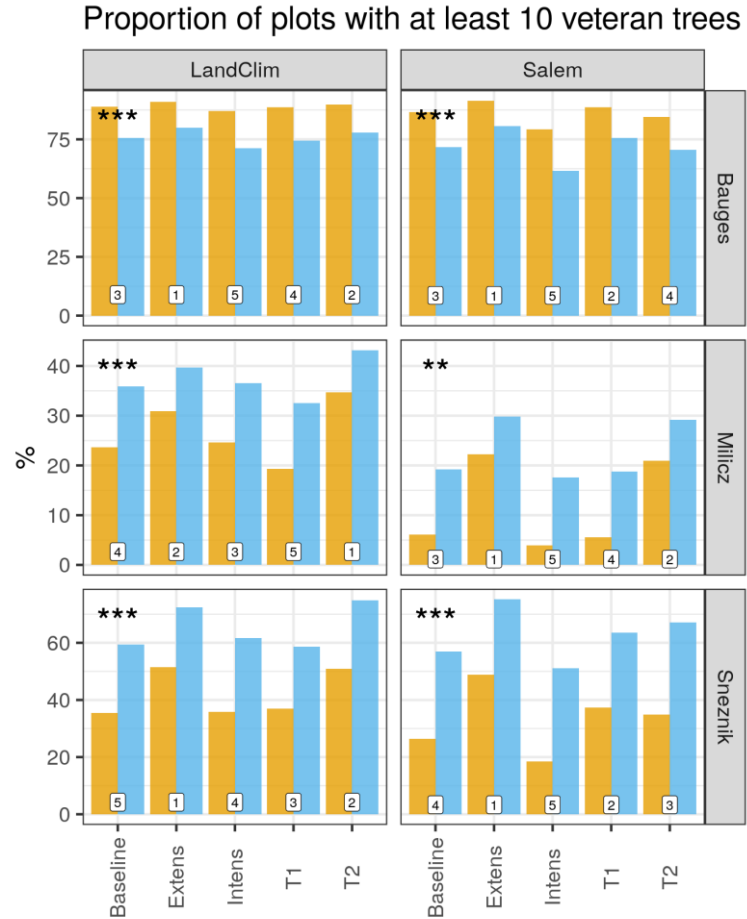
Ratio de chablis / volume sur pied



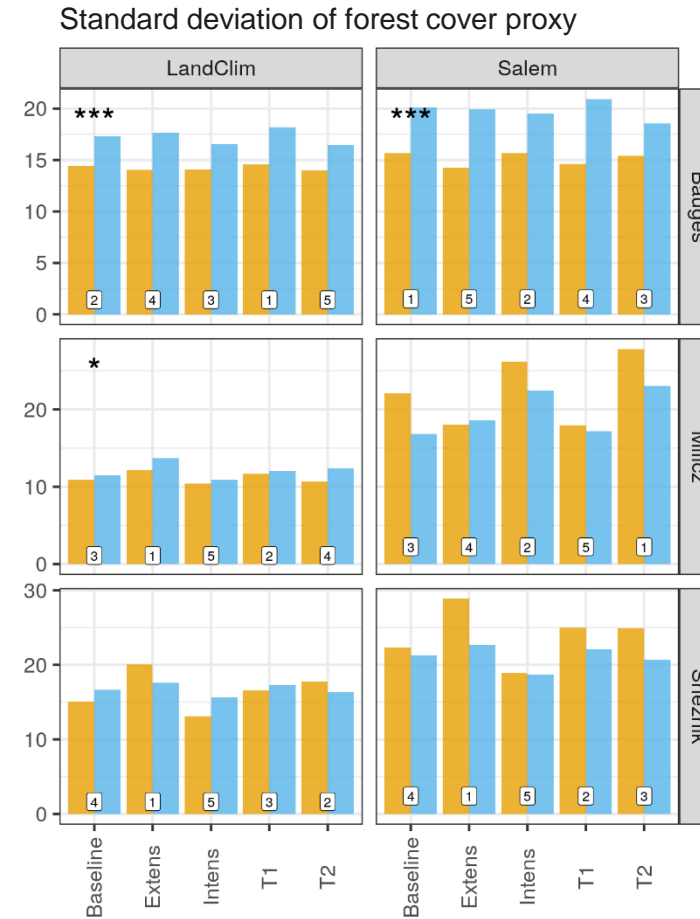


# ➤ Indicateurs de biodiversité

Période 2075-2094 (fin de période)



Indicateur lié à la maturité des forêts



Indicateur lié à la diversité de lumière

## ➤ En conclusion

Sur l'expérience de simulation:

Résultats cohérent des deux modèles

Type de gestion :

Résultats attendus de l'intensification et l'extensification

Complexification :

- Complexification dans les Bauges → augmentation de la part de **futaies régulières**  
→ baisse du volume sur pied → baisse du volume de chablis (mais pas en proportion de bois sur pied)
- Complexification dans à Milicz → augmentation de la part de **futaies irrégulières**  
→ augment° du volume sur pied → augment° du volume de chablis (mais pas en proportion de bois sur pied)
  - Influence prépondérante des actions à l'échelle du territoire
  - Effet de la complexité moindre (parfois équivalent) que l'effet du type de gestion

