

# Élaboration d'une stratégie d'aménagement régionale

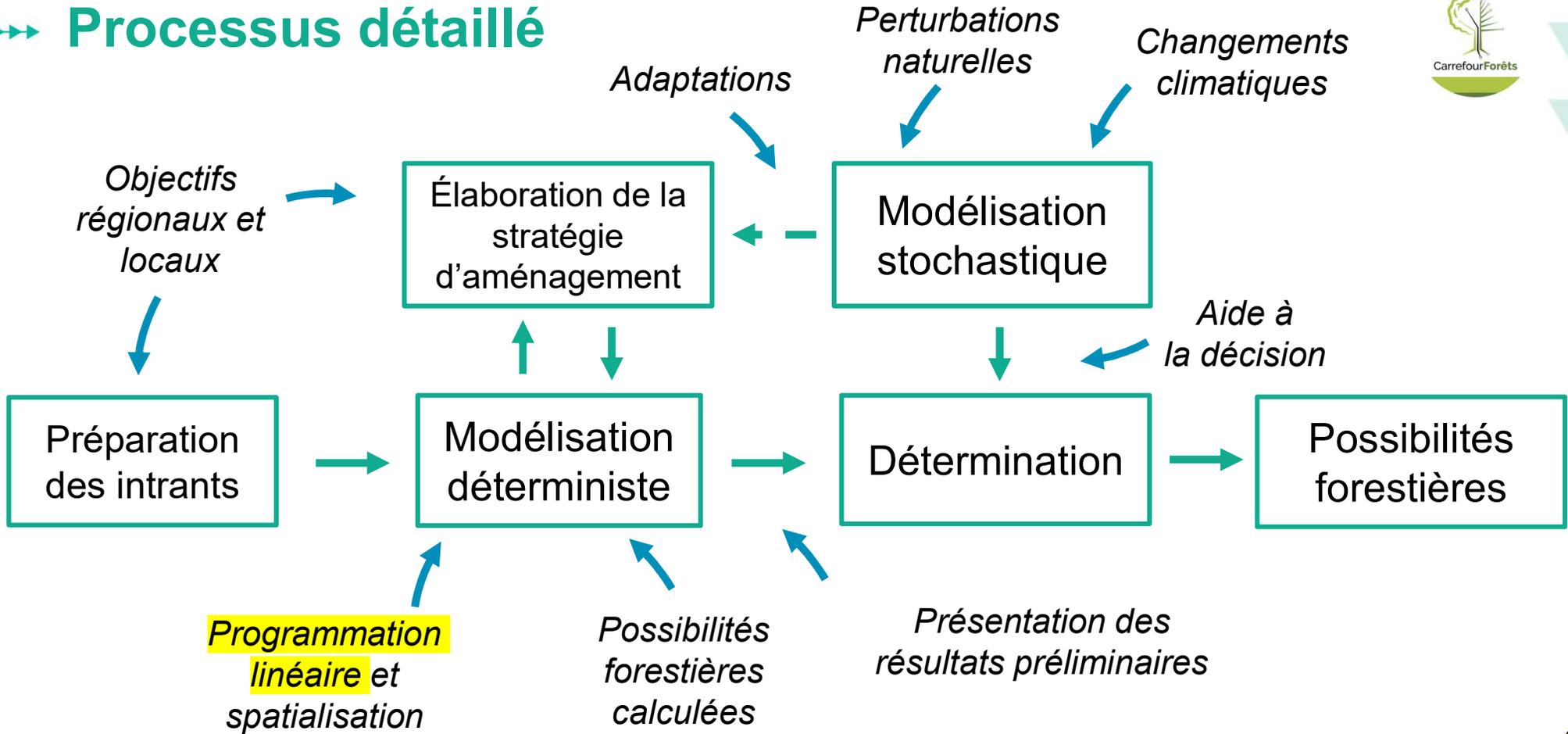


Par Sébastien Coulombe, ing.f., M.Sc.  
et Juliane Laliberté, ing.f., M.Sc.

27 avril 2023

**Bureau du forestier en chef**

## Processus détaillé





# PROGRAMMATION LINÉAIRE

## →→→ Optimisation



La programmation linéaire est une méthode qui permet de trouver un **optimum**.

## →→→ Optimisation



- ▶ L'optimisation permet de répondre à un problème d'allocation de ressources limitées selon certaines contraintes.
- ▶ Maximiser ou minimiser un problème qui se définit mathématiquement.

## →→→ Optimisation



## Avertissement !

Un modèle est une représentation **simplifiée** de la réalité.

## →→ Formulation d'un problème



Définir un seul objectif : maximiser un revenu d'appoint

Données de base	Plantation	Érablière
Superficie forestière	40 ha	50 ha
Revenu	90 \$/ha	120 \$/ha
Effort requis	2 jours/ha	3 jours/ha



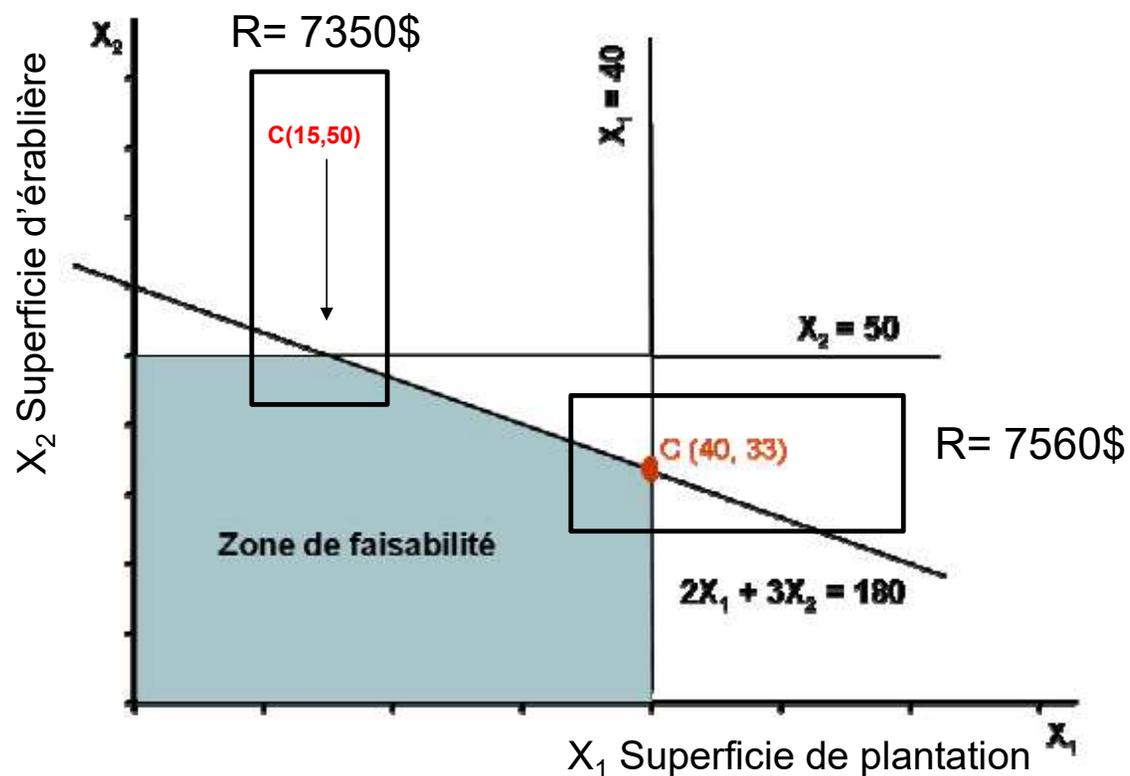
## →→ Formulation d'un problème

- ▶ Variables décisionnelles
  - $X_1$  = hectares de plantation
  - $X_2$  = hectares d'érablière
- ▶ Fonction objectif
  - Revenu =  $90 X_1 + 120 X_2$
- ▶ Contraintes à l'optimisation

Fonction objectif et contraintes à l'optimisation	Variables décisionnelles		
	$X_1$	$X_2$	
Revenu	90\$/ha	120\$/ha	
Superficie de plantation			$\leq 40$ ha
Superficie d'érablière			$\leq 50$ ha
Temps	2 jours/ha	3 jours/ha	$\leq 180$ jours



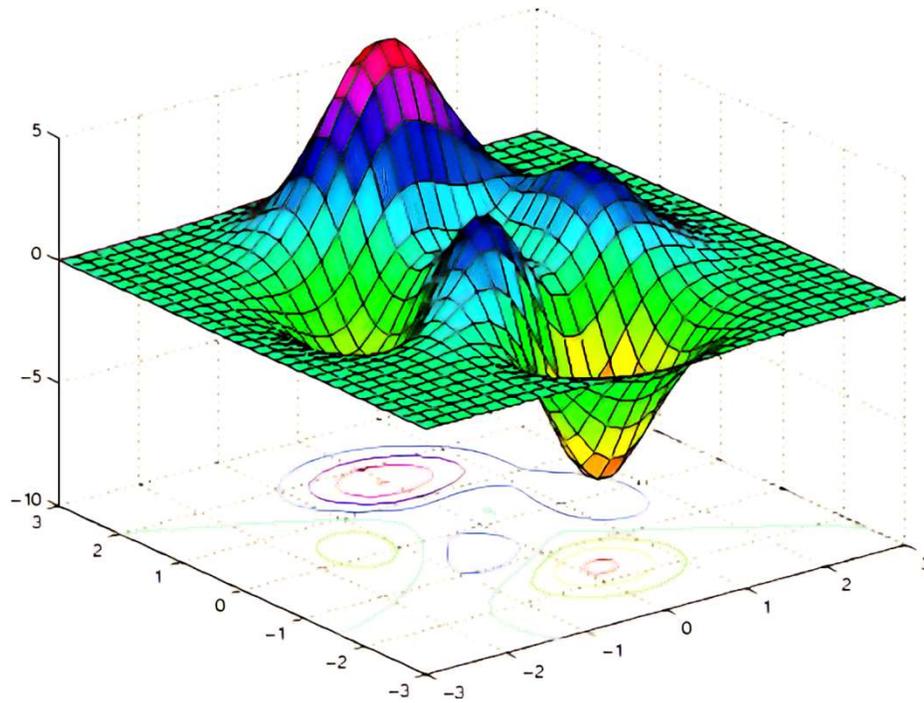
# →→ Zone de faisabilité



$$R = 90 X_1 + 120 X_2$$

Source : Adapté de Buongiorno et Gilles (2003).

# →→→ Complexité



Source : ESI6247 Statistical Design Models (psu.edu)







# SPATIALISATION

## → Organisation spatiale



### Pourquoi spatialiser ?

Le résultat optimisé obtenu par programmation linéaire ne reflète pas le réalisme opérationnel de la récolte et la structure spatiale recherchée.

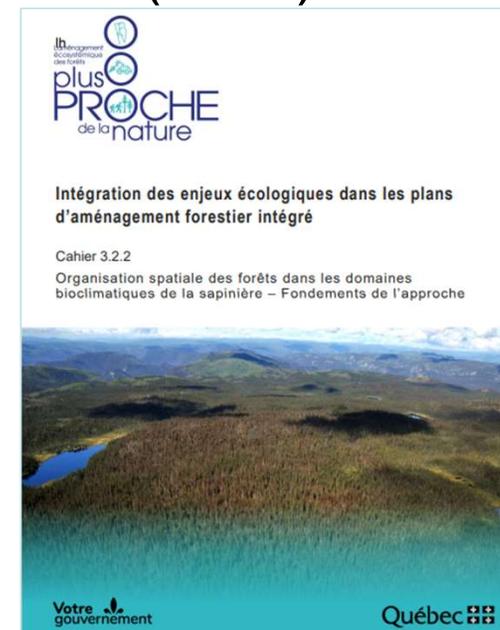
L'étape de spatialisation permet de capter ces aspects.

## → Organisation spatiale



### Méthode généralement utilisée

- ▶ Approche par compartiment d'organisation spatiale (COS)
- ▶ Deux objectifs poursuivis
  1. Écosystémique : Diminuer la fragmentation du territoire
  2. Rentabilité : Agglomération des secteurs de récolte

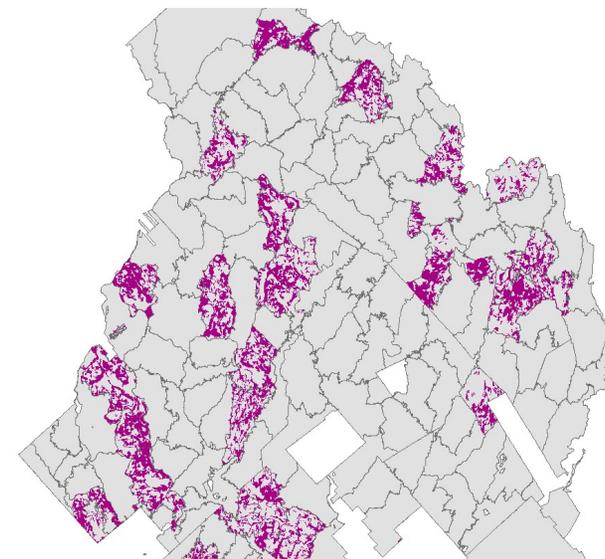


## → Organisation spatiale : les limites



La spatialisation permet de générer un calendrier de fermeture périodique de certains secteurs dans le temps

- ▶ Ce calendrier n'est pas une reproduction d'une planification réelle.
- ▶ Les outils comportent des limites qui ne permettent pas d'intégrer l'ensemble des orientations émises dans les guides provinciaux.

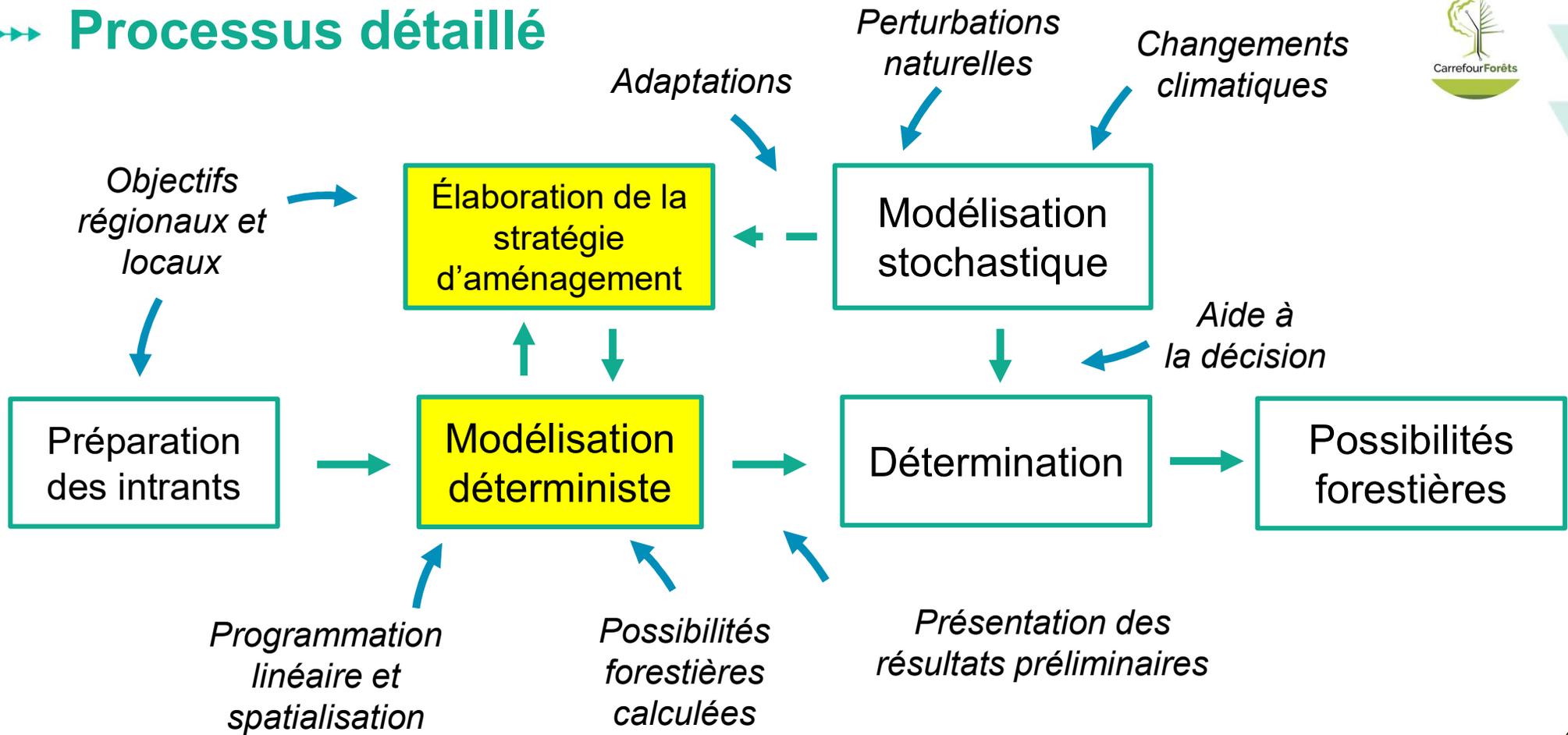




# ÉLABORATION DE LA STRATÉGIE D'AMÉNAGEMENT RÉGIONALE



## Processus détaillé



## →→→ Notion d'échelle



- ▶ Stratégie sylvicole : échelle du peuplement
- ▶ Stratégie d'aménagement : échelle du paysage, du territoire

# Processus d'élaboration



*Modélisation  
déterministe*





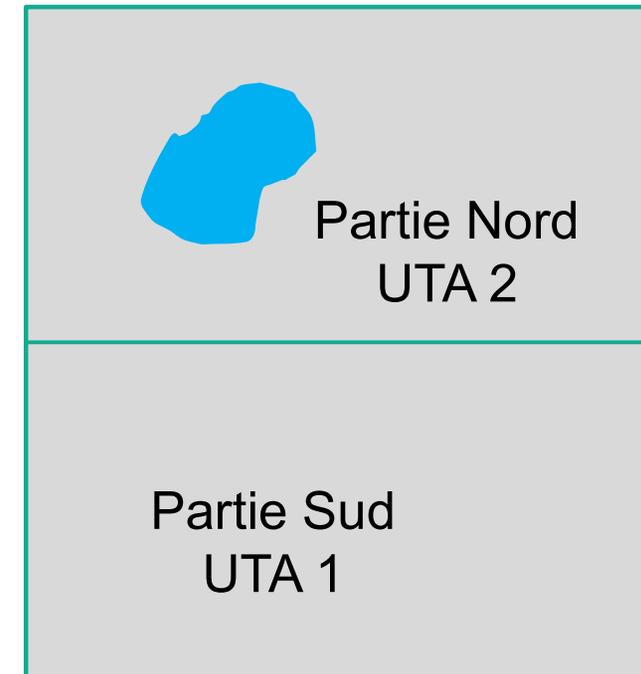
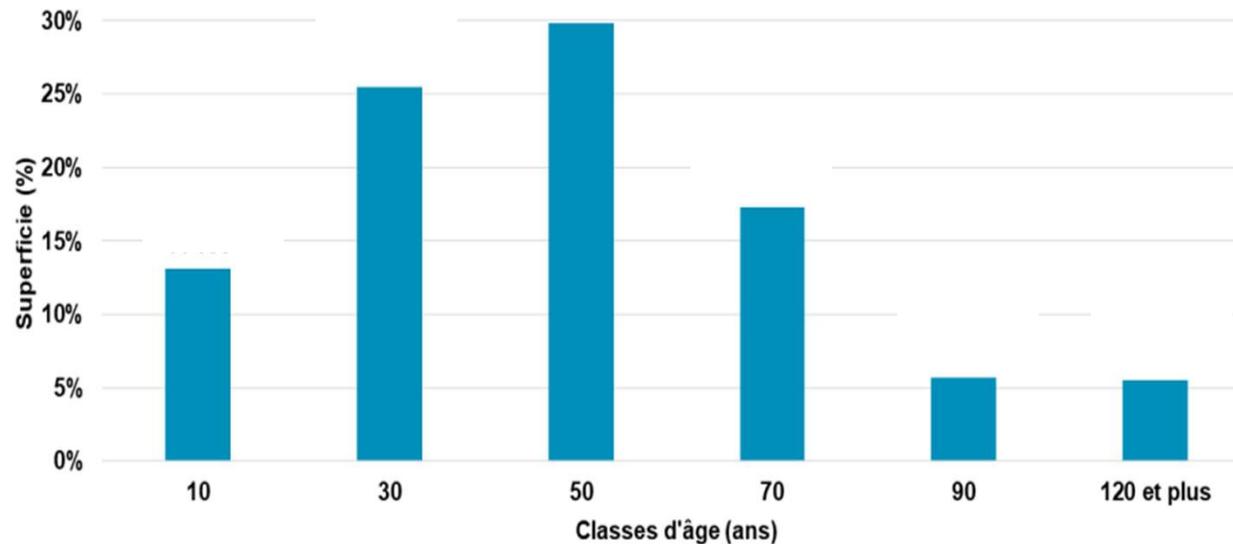
# EXEMPLE SIMPLIFIÉ



## →→ Description d'un territoire fictif

### Enjeu de structure d'âge

- ▶ Déficit des classes 90, 120 ans et plus
- ▶ Restauration des vieilles forêts
- ▶ Discuté à la table de gestion intégrée



## → Traduire l'enjeu dans la modélisation



- ▶ Où ?
  - Sur 100 % du territoire
- ▶ Quoi ?
  - Une vieille forêt est une forêt âgée de plus de 90 ans
- ▶ Combien ?
  - On veut atteindre un degré d'altération moyenne sur 50 %
- ▶ Quand ?
  - Le plus tôt possible en minimisant l'effet sur les possibilités forestières

Intrants

Modélisation

## →→ Description d'un territoire fictif

### Enjeu d'harmonisation

- ▶ Paysages visuellement sensibles
- ▶ Le Règlement d'aménagement durable des forêts s'applique pour les encadrements visuels



## → Traduire l'enjeu dans la modélisation



- ▶ Où ?
  - L'ensemble des paysages sensibles occupent 10 %
- ▶ Quoi ?
  - Les jeunes peuplements ont moins de 4 mètres
- ▶ Combien ?
  - < 1/3 de jeunes peuplements dans chacun des paysages
- ▶ Quand ?
  - Sur tout l'horizon du calcul (150 ans)

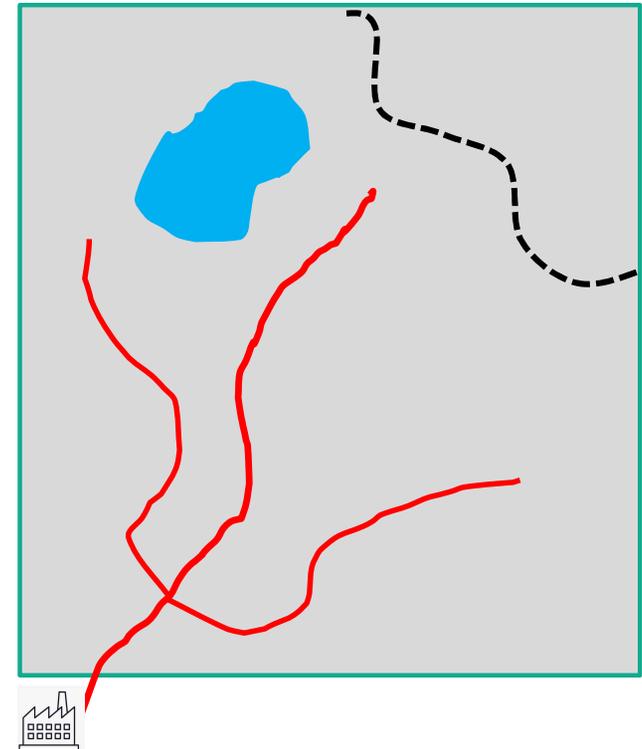
Intrants

Modélisation

## →→ Description d'un territoire fictif

### Enjeux économiques (4)

- ▶ Rentabilité des investissements sylvicoles
- ▶ Secteur éloigné des usines
- ▶ Historiquement 150 ha/an de plantation
- ▶ Augmenter la dimension des bois récoltés



## → Traduire l'enjeu dans la modélisation

### Rentabilité des investissements sylvicoles

- ▶ Où ?
  - 100 % du territoire
- ▶ Quoi ?
  - Limiter certains scénarios selon leur rentabilité
- ▶ Combien ?
  - Superficie maximale de travaux pouvant être réalisés
- ▶ Quand ?
  - La superficie doit rester constante dans le temps



Intrants

Modélisation

## →→ Question



Selon vous, quel enjeu a le plus d'effet sur les possibilités forestières ?

## →→ Processus d'élaboration

- Structure d'âge
- Harmonisation
- Économique



# →→ Résultats initiaux

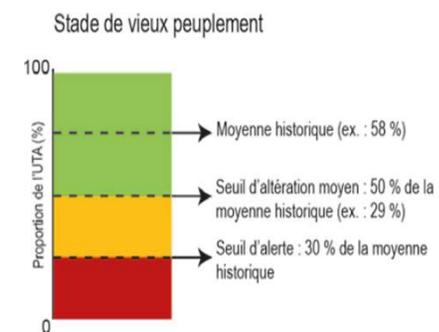
## ✘ Structure d'âge



Unités territoriales d'analyse (UTA)	%	Degré d'altération actuel	Temps avant d'avoir un degré d'altération moyen	Temps avant d'avoir un degré d'altération faible
UTA 1	50 %		10 ans	25 ans
UTA 2	50 %		n/a	15 ans



*Retenu dans les résultats initiaux*

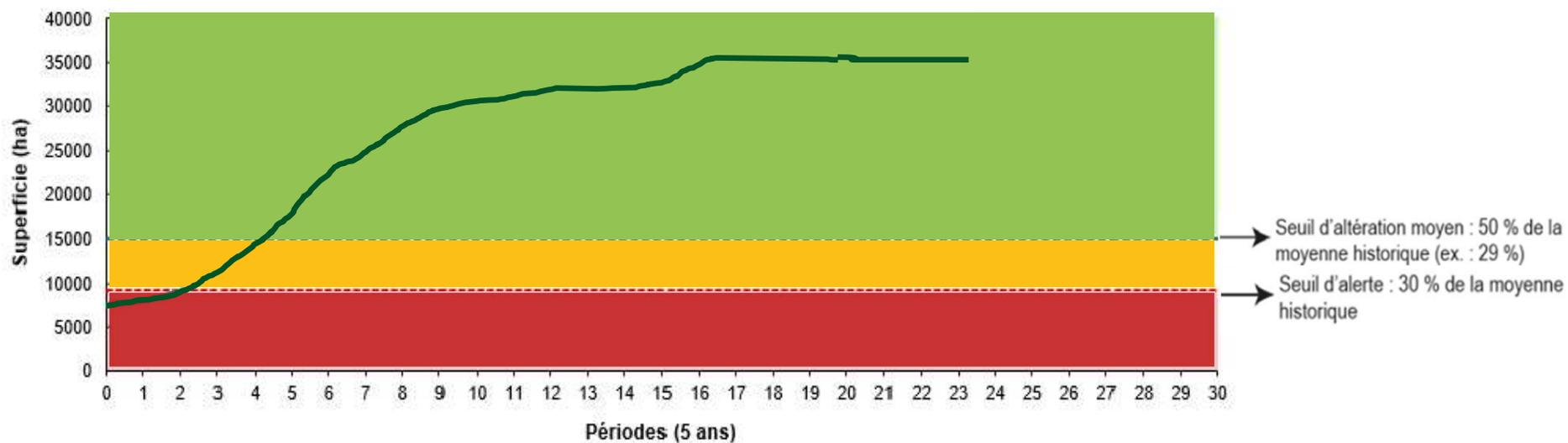


# →→ Résultats initiaux



## ✘ Structure d'âge

Enjeux liés à la structure d'âge des vieilles forêts



## →→ Résultats initiaux

 Harmonisation

### Paysages visuellement sensibles

- ▶ Les modalités n'influencent pas les possibilités forestières
- ▶ Les modalités ne seront plus considérées dans les analyses afin de simplifier la modélisation
- ▶ Les modalités peuvent être réintégrées lorsque la stratégie est retenue



## →→ Résultats initiaux

### Économique

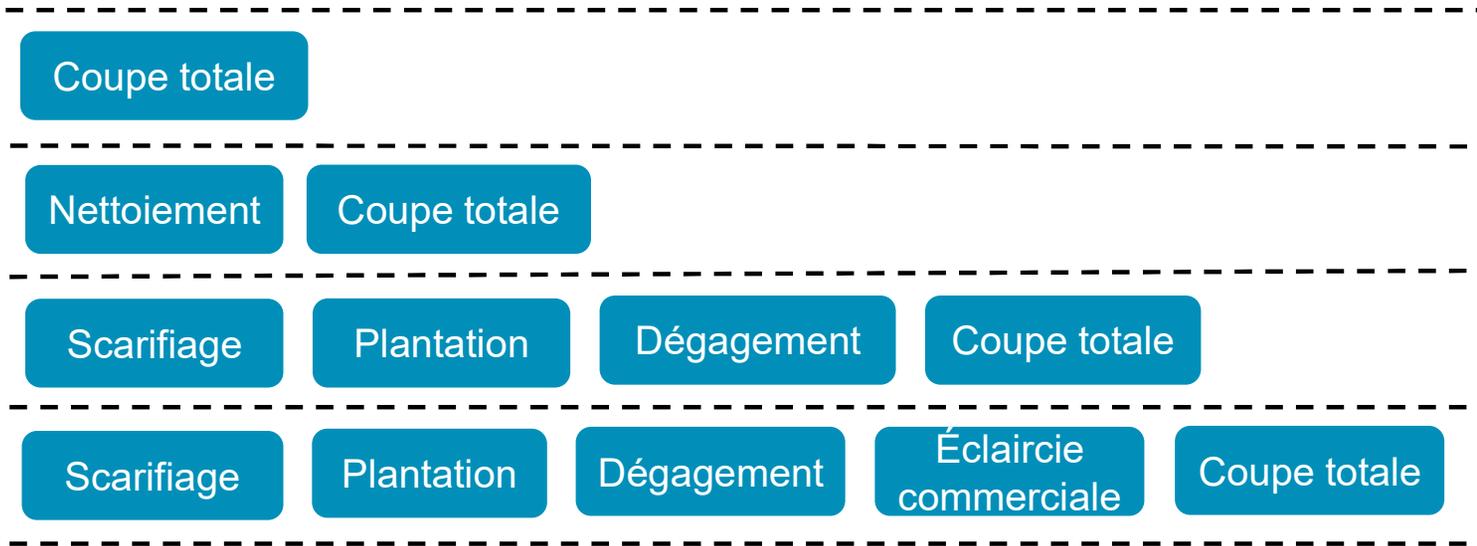
- ▶ Possibilités forestières : 100 000 m<sup>3</sup>/an
- ▶ Plantations : 200 ha/an (20 % des coupes totales)
- ▶ Seulement les scénarios sylvicoles extensifs et de base sont activés
- ▶ Aucune coupe partielle n'est permise
- ▶ Les travaux peuvent se réaliser dans l'ensemble de l'unité d'aménagement





## →→ Résultats initiaux

### ► Scénarios sylvicoles utilisés



*Non présent  
dans les  
résultats  
initiaux*



## →→ Résultats initiaux

- ✘ Structure d'âge
- ✘ Harmonisation
- ✘ Économique

Résultats initiaux

100 000 m<sup>3</sup>/an





# →→→ Processus d'élaboration

- Structure d'âge
- Harmonisation
- Économique



## →→ Demandes d'analyses

Structure d'âge

Harmonisation

Économique



### Analyses demandées

- ▶ Travail fait par étapes pour assembler la stratégie d'aménagement
- ▶ Aucune modification demandée pour l'harmonisation
- ▶ L'enjeu de la structure d'âge est le premier traité



## →→ Demandes d'analyses – Structure d'âge

Structure d'âge

Harmonisation

Économique

Unités territoriales d'analyse (UTA)	%	Degré d'altération actuel	Analyse 1	Analyse 2	Analyse 3
UTA 1	50 %		10 ans	25 ans	20 ans
UTA 2	50 %		15 ans	15 ans	30 ans

## →→ Analyses des résultats – Structure d'âge

Structure d'âge

Harmonisation

Économique

Résultats initiaux

100 000 m<sup>3</sup>/an



## →→ Analyses des résultats – Structure d'âge



Unités territoriales d'analyse (UTA)	Degré d'altération actuel	Analyse 1	Analyse 2	Analyse 3
UTA 1		10 ans	25 ans	20 ans
UTA 2		15 ans	15 ans	30 ans
Effet sur les possibilités forestières		↓	↓	↓
Effet sur les vieilles forêts		↑	↑	↑

# →→→ Analyses des résultats – Structure d'âge

- Structure d'âge
- Harmonisation
- Économique

Résultats initiaux  
Analyses structure d'âge

~~100 000 m<sup>3</sup>/an~~  
98 000 m<sup>3</sup>/an



# →→ Demandes d'analyses – Enjeux économiques

- Structure d'âge
- Harmonisation
- Économique

Résultats initiaux  
Analyses structure d'âge

~~100 000 m<sup>3</sup>/an~~  
98 000 m<sup>3</sup>/an



## →→ Demandes d'analyses – Enjeux économiques



### Enjeux économiques - Rappel

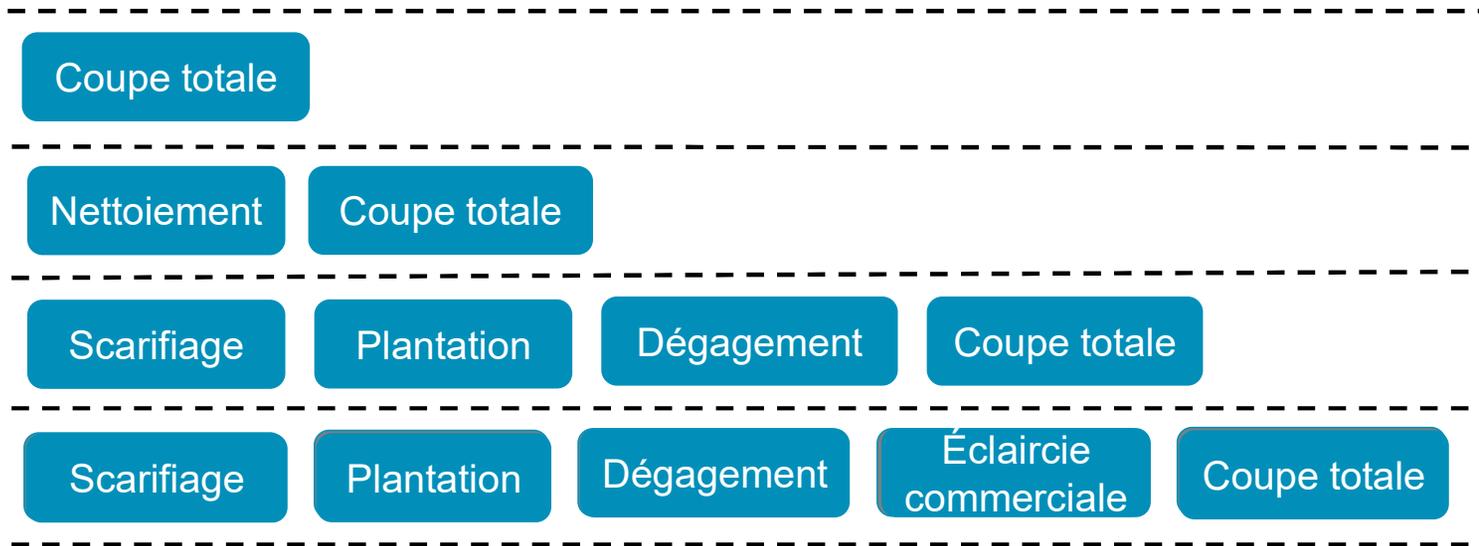
- ▶ Possibilités forestières : 100 000 m<sup>3</sup>/an
- ▶ Plantations : 200 ha/an (historiquement 150 ha/an)
- ▶ Seulement les scénarios sylvicoles extensifs et de base sont activés
- ▶ Aucune coupe partielle permise
- ▶ Il n'y a pas de prise en compte de l'éloignement



# →→ Demandes d'analyses – Enjeux économiques

## Analyses demandées

- ▶ Choix des scénarios par les Opérations régionales



*Enjeux de rentabilité*



*Secteur proche seulement*

## →→ Analyses – Enjeux économiques



### Analyses demandées – Balises sylvicoles

Balises sylvicoles	Analyse 1	Analyse 2	Analyse 3
Superficie en plantation	150 ha/an	150 ha/an	200 ha/an
Superficie en éclaircie commerciale	0 ha/an	50 ha/an	50 ha/an
Effet sur les possibilités forestières	↓	↓	↑
Effet sur la dimension des tiges	↓	↓	↑



## →→ Analyses des résultats – Enjeux économiques

- Structure d'âge
- Harmonisation
- Économique

Résultats initiaux 100 000 m<sup>3</sup>/an  
Analyses structure d'âge 98 000 m<sup>3</sup>/an  
Analyses économiques 99 000 m<sup>3</sup>/an





## →→ Stratégie régionale retenue

- ✘ Structure d'âge
- ✘ Harmonisation
- ✘ Économique

Résultats initiaux 100 000 m<sup>3</sup>/an  
Stratégie régionale 99 000 m<sup>3</sup>/an



## →→→ Processus d'élaboration – Stratégie régionale



### En résumé

- ▶ Le travail se fait par étapes
- ▶ L'ordre des analyses peut être ajusté en fonction
  - du contexte de l'unité d'aménagement
  - de l'importance des enjeux
- ▶ L'effet des enjeux sur les possibilités forestières varie en fonction
  - de l'ordre de réalisation des analyses
  - de l'interaction entre les enjeux
- ▶ Il n'y a pas que l'effet sur les possibilités qui est analysé ...



# EXEMPLES D'ENJEUX ET D'INDICATEURS

## →→ Ce que peut contenir la stratégie régionale

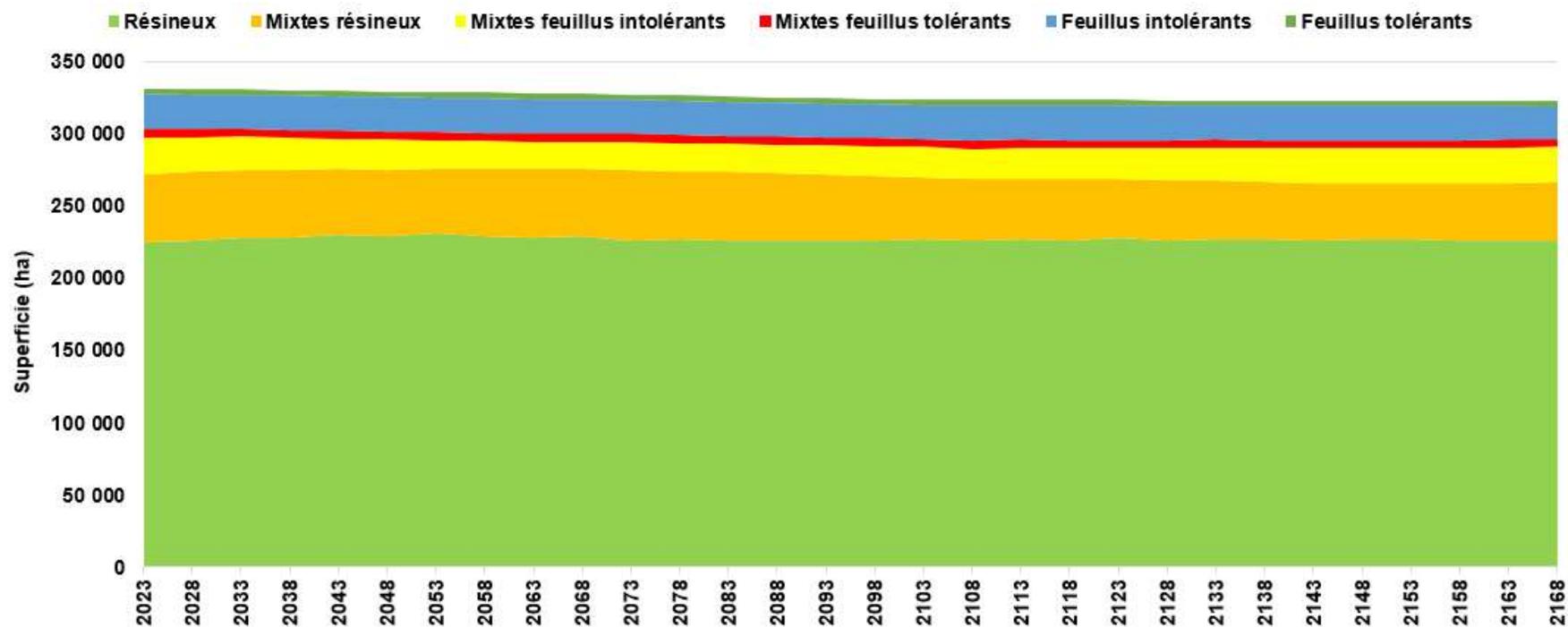


- ▶ Variables de suivi
  - Généralement non contraintes dans les modèles

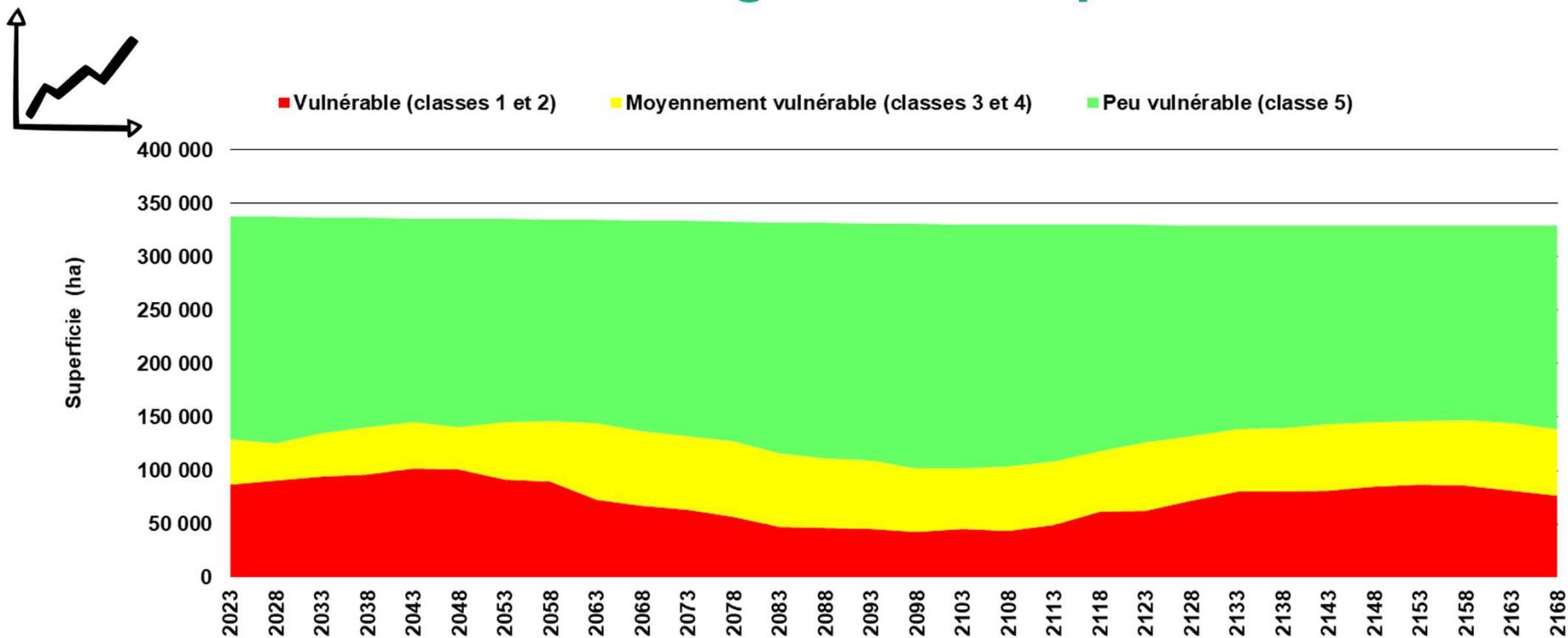


- ▶ Variables de contrôle
  - Variables pouvant être mises en contraintes

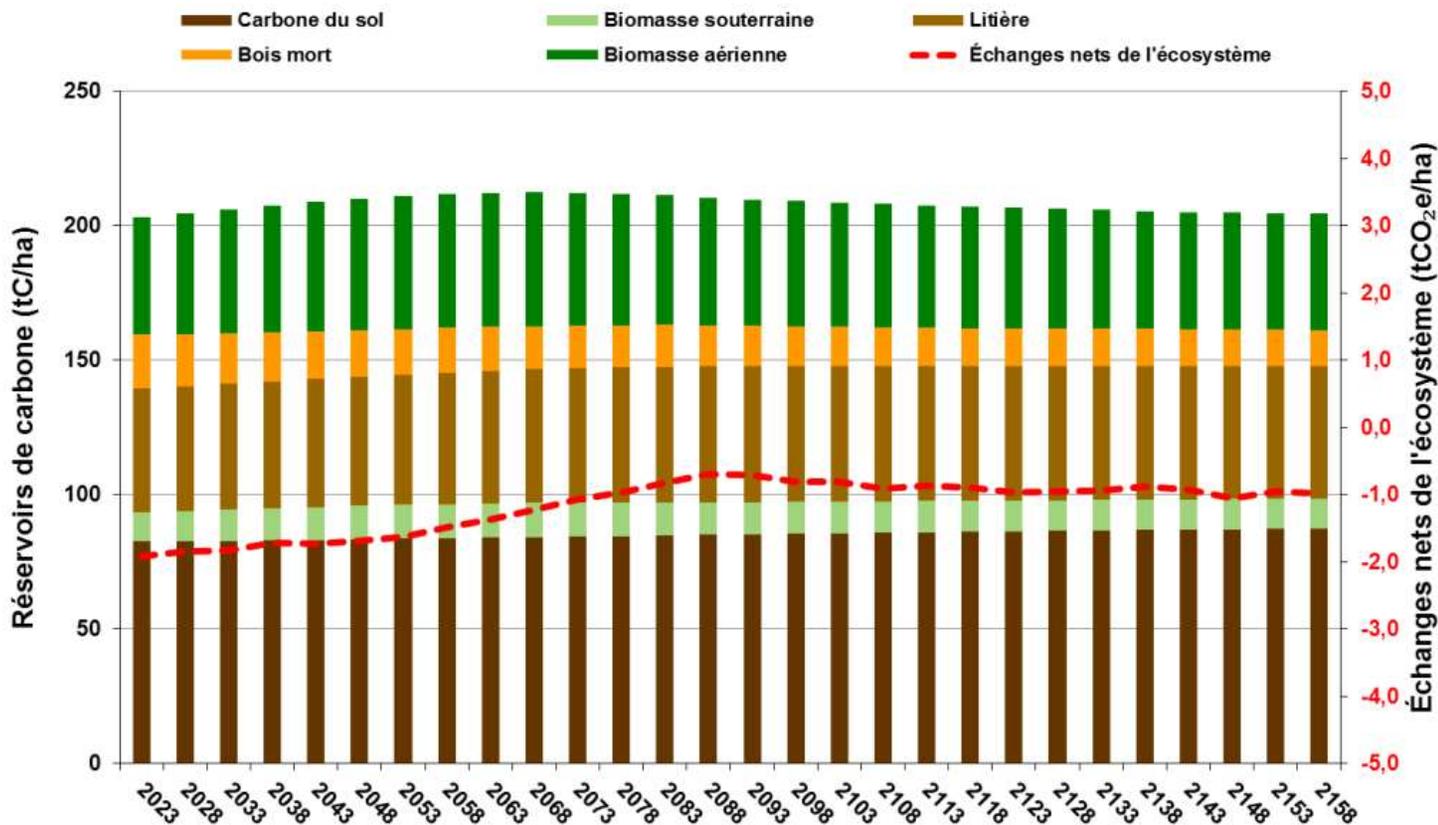
# Évolution de la superficie par type de couvert



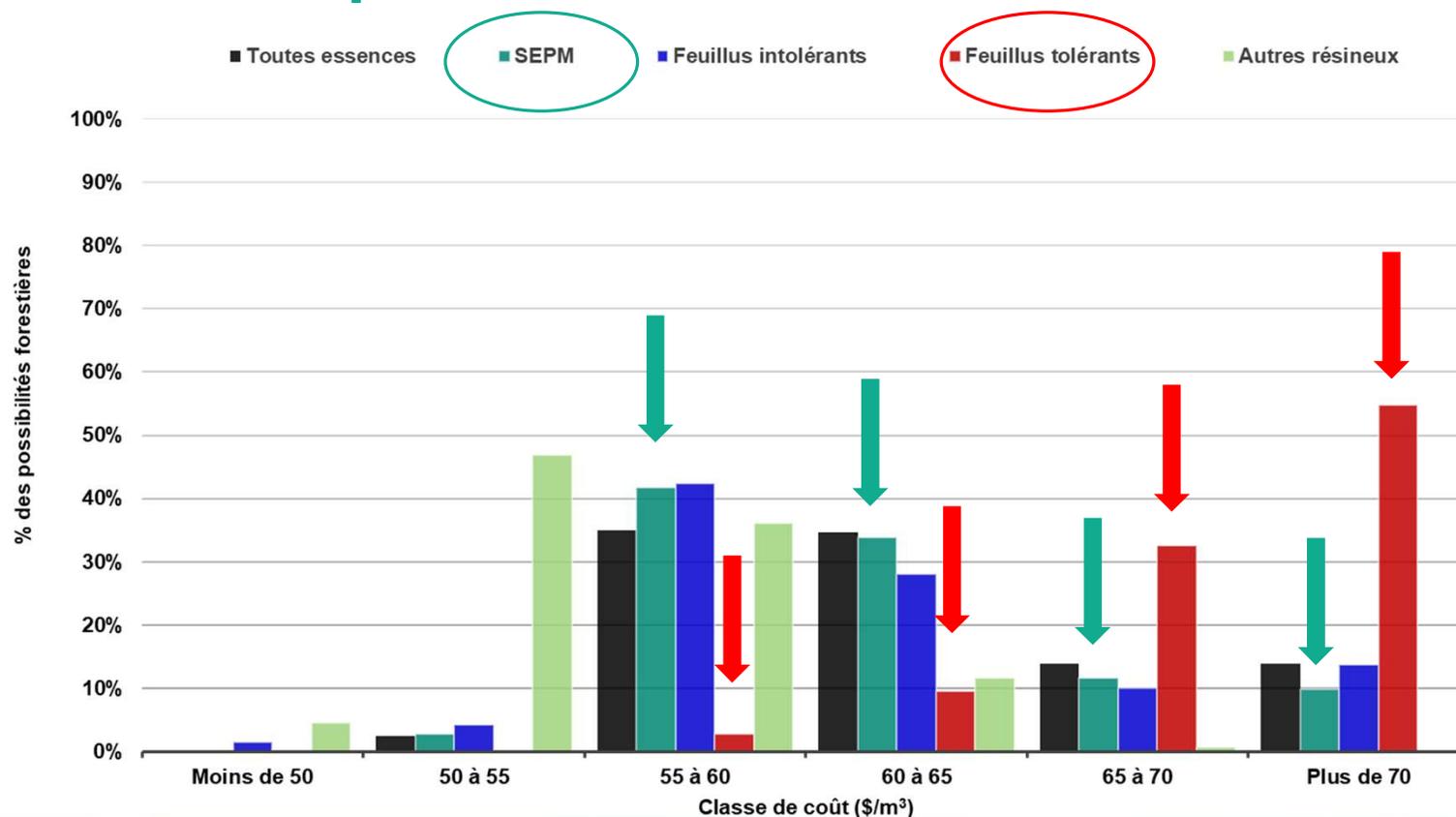
# Évolution de la superficie des peuplements vulnérables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette



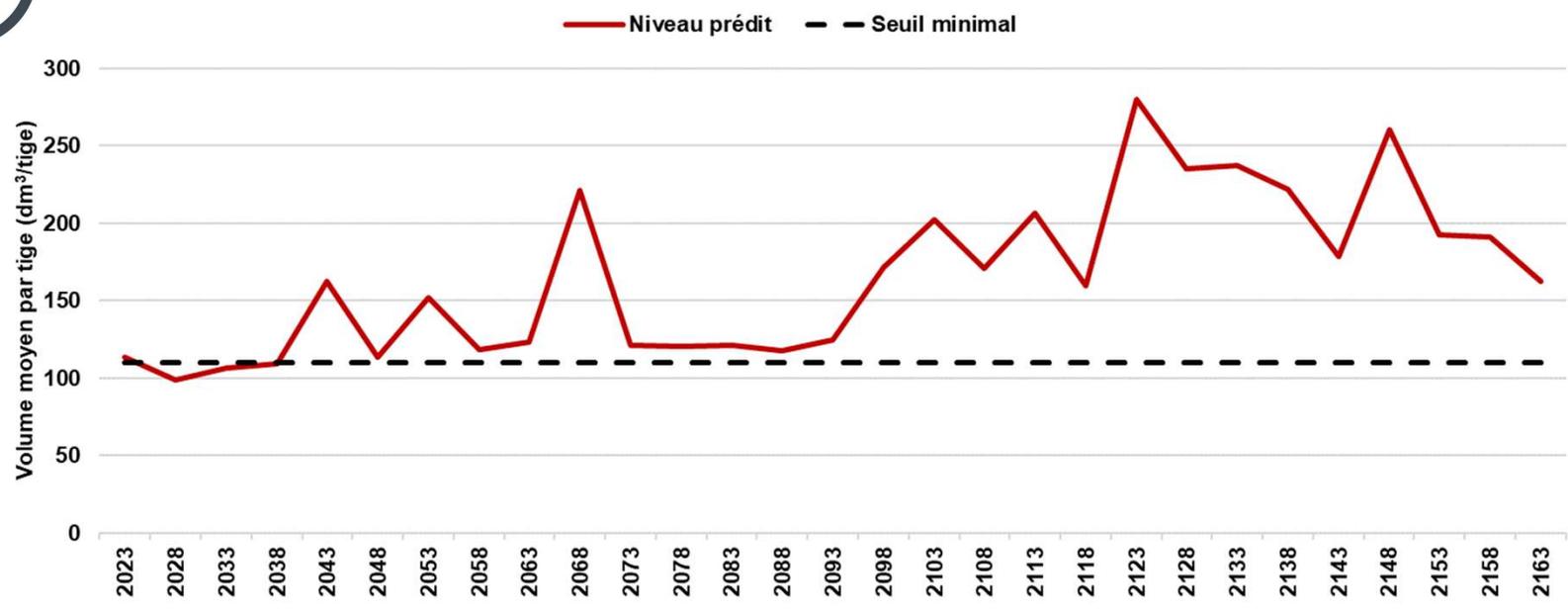
# Carbone



# Répartition des possibilités forestières par classe de coûts d'exploitation



# Évolution de la dimension des bois SEPM





# CONCLUSION

# Processus d'élaboration



*Modélisation  
déterministe*





## →→ En route vers la détermination

- ▶ L'intégration des préoccupations régionales se fait par une modélisation déterministe.
- ▶ La modélisation déterministe ne prend pas en compte les variables aléatoires.
- ▶ La modélisation stochastique permet d'intégrer une certaine notion d'imprévisibilité et d'événements aléatoires.



# QUESTIONS