



# Optimisation de la gestion forestière en présence de risque tempête et de fluctuation du prix du bois - cas du hêtre

Hanitra Rakotoarison\*, Patrice Loisel\*\*, Guillaume Duvillié\*\*, Daniel Barbeau\*\*,  
Gilles le Moguedec\*\*\*, Mathieu Fortin\*\*\*\*

\* : ONF; \*\* : INRA, UMR Mistea; \*\*\* : INRA, UMR Lerfob ; \*\*\*\* : INRA, UMR Amap

*Mercredi 19 novembre 2014*



## Introduction

### Objectif de l'ONF : la gestion multifonctionnelle des forêts publiques (25 % des forêts françaises)

- Mobiliser du bois pour la filière :
  - 40 % du bois mis sur le marché.
- Agir pour préserver et augmenter la biodiversité :
  - Prise en compte dans la gestion courante, ILV et ILS, trames vertes et bleus, Natura 2000 ...
- Agir au service de tous pour offrir une forêt accueillante :
  - Parcs, schéma d'accueil du public, paysage ...
- Mener des missions spécifiques qui lui sont confiées par l'état :
  - RTM, réseau RENECOFOR, biodiversité ...

# Répartition géographique actuelle du hêtre en France et risques

## Surface nationale :

- Environ 1.39 Mha (54% forêt publique)

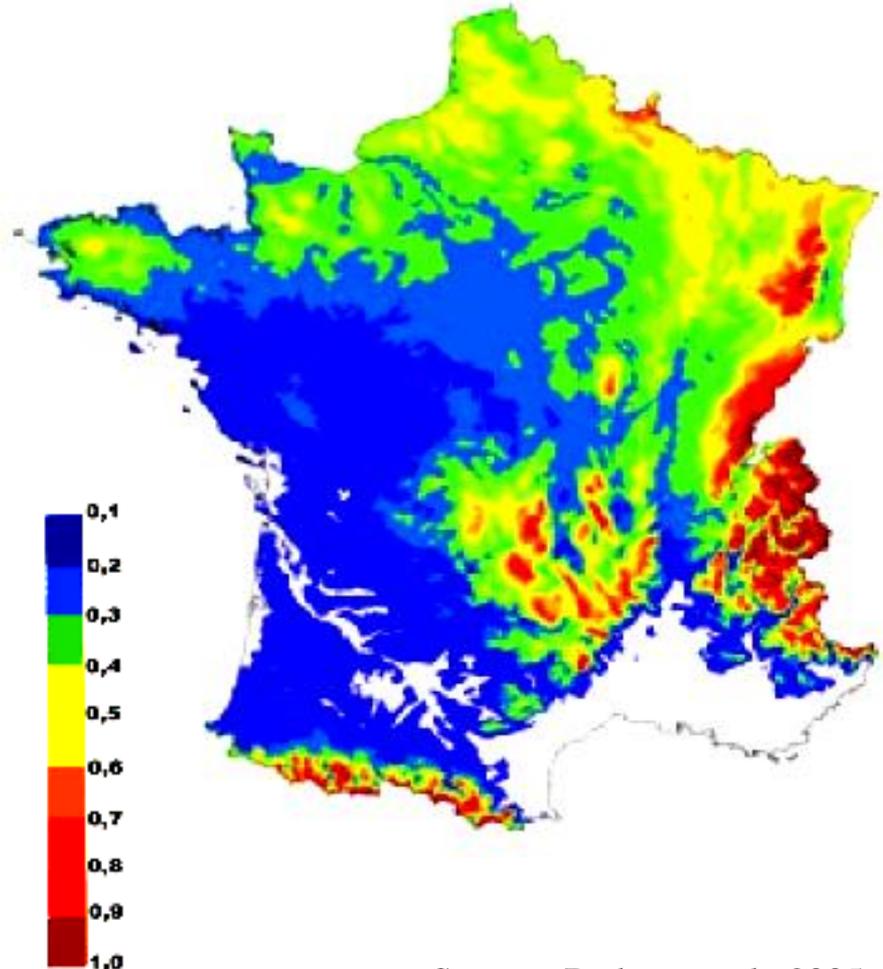
## Nombreuses incertitudes et risques mais 2 à effets lourds et insuffisamment étudiés.

### ■ Fluctuation du prix du bois :

- 1ère source de motivation des forestiers, conditionne les investissements et l'emploi pour la forêt,
- prix du hêtre ne cesse de diminuer.
- -> Développement des contrats d'approvisionnement ?

### ■ Risque tempête :

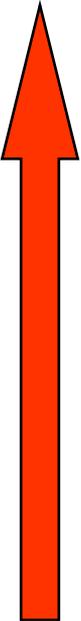
- 130 tempêtes recensées sur 60 ans soit environ 2 par an en Europe (Gardiner et al., 2013)
- -> Guide chablis, guide de sylviculture ...?



Source : Badeau, et al., 2005



## Projet ECO-RISQUES (2013-2015) financé par Ecofor, INRA et ONF

- 
- Revoir les connaissances théoriques classiques de l'économie forestière issues de Faustmann (1849)
  - Mettre en place **des outils** d'aide à la prise de décision avec **deux approches** différentes mais complémentaires :
    - Optimisation : un objectif sous contrainte et recherche du meilleur itinéraire sylvicole (date,  $V_e$ ,  $n$ ).
    - Viabilité : Objectifs multiples et multidimensionnels et analyser si le système reste dans un ensemble prédéfini de « zone de viabilité ».
  - Fouille des données disponibles.

# Revue de la littérature sur l'incertitude des prix et la gestion forestière

## Modèles basés sur Reservation Price Strategy (RPS)

- Calcul d'un prix de réserve du bois en dessous duquel, le sylviculteur ne vend pas :

$$R_t = \int_{P_{m,t}}^{\infty} (p Q(T) + E[W]) f(p) dp$$

- ↑ le LEV et T : Bhattacharyya and Snyder (1987), Brazee and Mendelsohn (1988), Forboseh et al. (1996), Lu and Gong (2003).
- Baisse de l'offre et ↓ le LEV à long terme : Gong and Löfgren (2007)

## Stochastic price process

### ■ Distinguer les changements progressifs et structurels

- Augmentation exponentielle : ↑ le LEV et T : Newman et al. (1985), Sandhu and Philips (1991)
- Changement progressifs : ↓ T, Sandhu and Philips (1991).
- Si changement structurel : fonction de l'élasticité de la demande. Sandhu and Philips (1991).

### ■ Wiemmer process ou Geometric Brownian motion (GMB)

- ↑ ↓ T

$$\frac{dX_t}{X_t} = \alpha dt + \sigma dB_t$$

Drift rate

Déviati on instannée



# Synthèse de la littérature

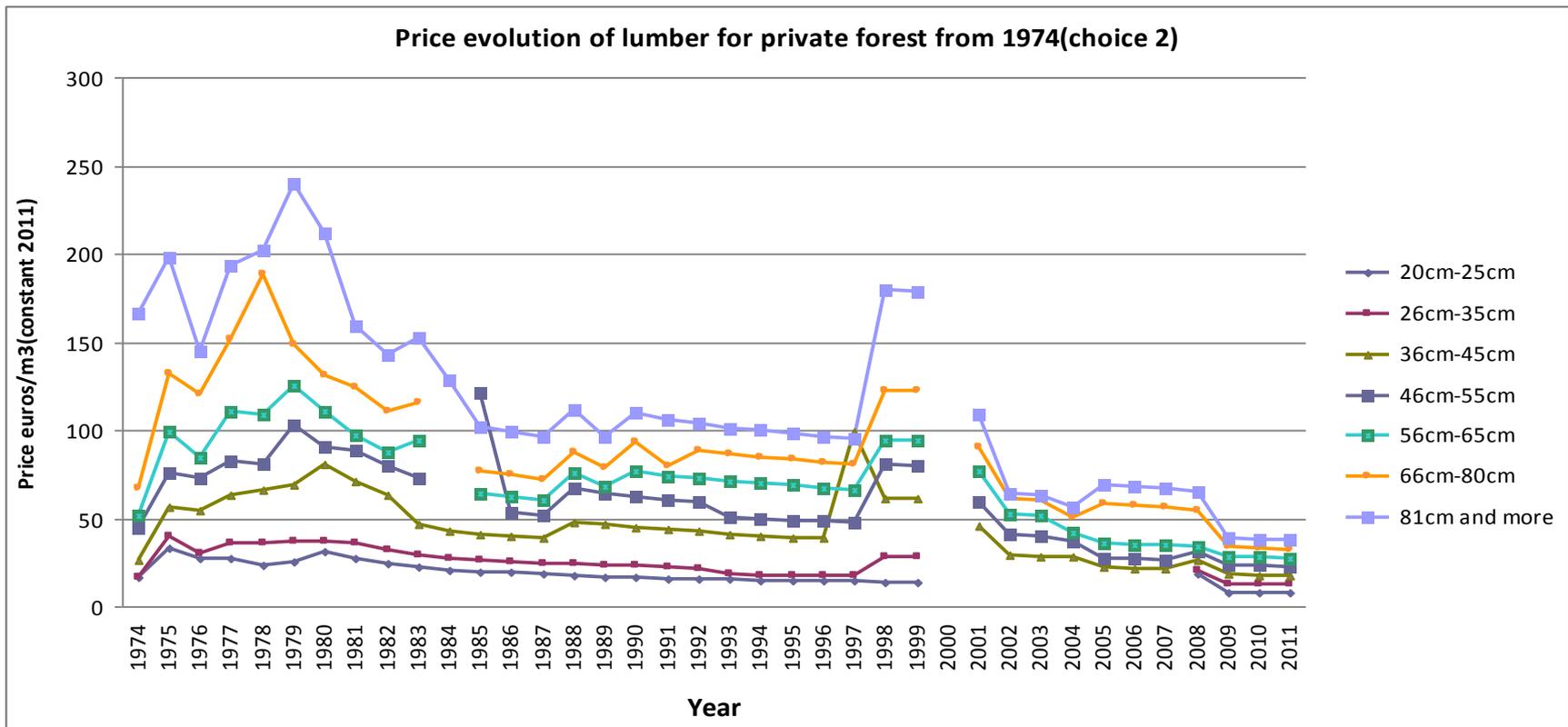
- **Divergence des résultats selon :**
  - Les essences, les contextes physiques et économiques
  - Les méthodes : RPS vs GMB
- **Peu d'enseignement à en tirer pour la gestion forestière :**
  - Cas français ? Cas du hêtre par exemple ?
  - Plusieurs risques ? Plusieurs objectifs ?
  - Quels itinéraires, programme d'éclaircie et coupe, et travaux sylvicoles ?
  - Peu d'outils en libre accès.

# Analyse économétrique des prix selon les caractéristiques du bois

## 1. Données

- o Source de données : Cabinet Chavet, expert des ventes de bois en forêt privée
- o Type de données : bois rond sur pied, 2 qualités d'utilisation (choix 1 et 2)
- o 7 classes de diamètre
- o t : 1974-2011.
- o Prix (euros/m<sup>3</sup>) ramené en euros constant en 2011 avec l'indice de pouvoir d'achat de l'Insee

**n = 1064**



# Modèle économétrique

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Signif. codes
Choix	- 27.87	1.79	- 15.56	< 2e-16	***
Année	- <b>1.02</b>	0.14	- 7.34	0.00	***
Diamètre	1.71	0.04	39.72	< 2e-16	***
Période 99	- <b>16.08</b>	3.42	- 4.70	0.00	***
Constante	2 031.72	276.09	7.36	0.00	***

## ■ Estimateur MCO

## ■ Bonne qualité de l'estimation

- Multiple R-squared: 0.8151, Adjusted R-squared: 0.8134
- F-statistic: 487.2 on 4 and 442 DF, p-value: < 2.2e-16

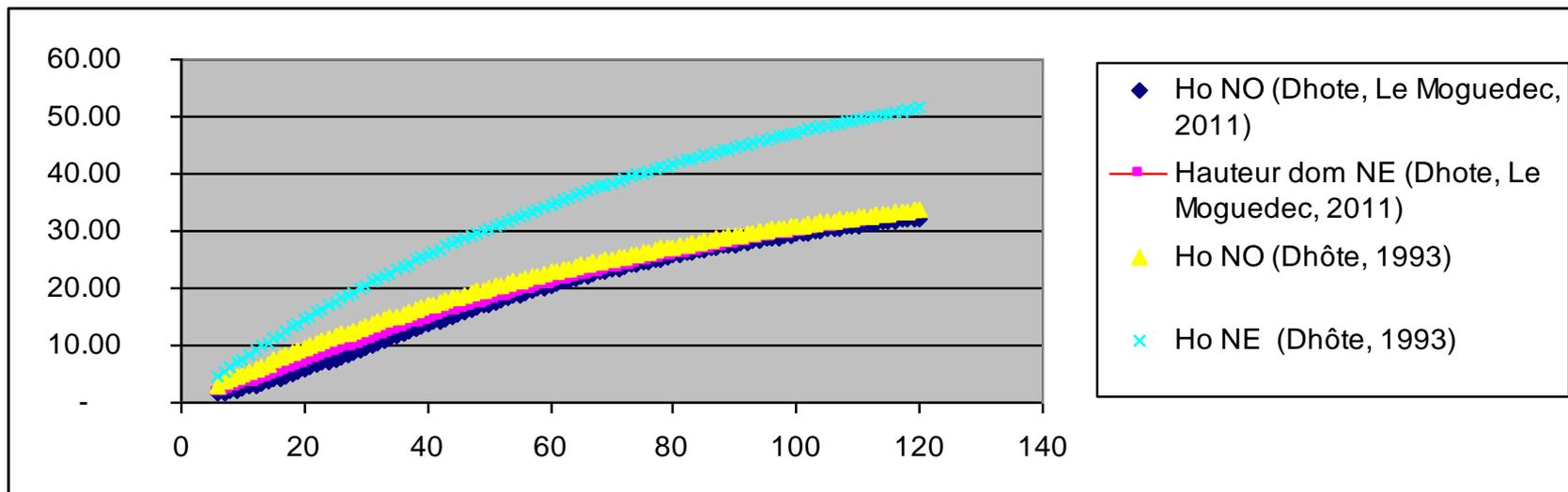
# Les paramètres utilisés

## ■ Croissance de la forêt :

### ■ Modèle Fagacées :

- Croissance en hauteur dominante suivant l'âge.
- Croissance en surface terrière.
- Différence de croissance entre le Nord-Ouest et Nord Est.
- Évolution des connaissances entre 1993 et 2011

### ■ Cas étudié : Hêtraie Nord-Ouest



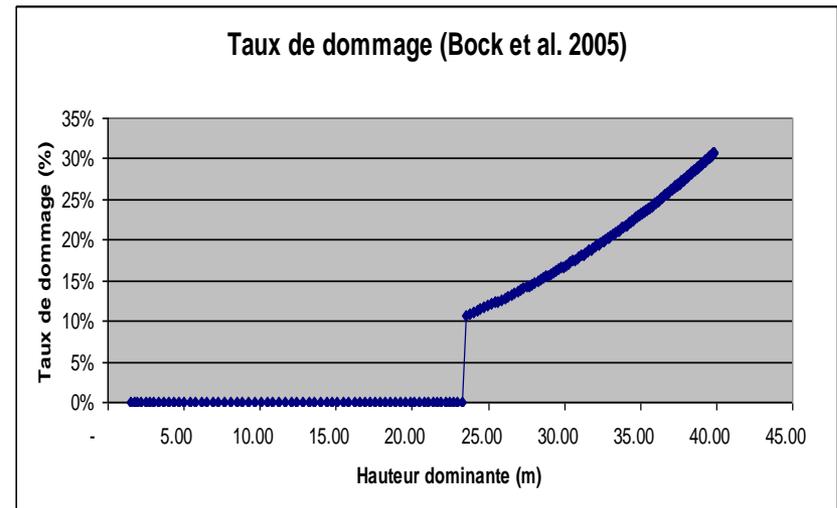
# Impact des tempêtes

- Probabilité de tempête :
  - Loi de Poisson : lambda = 1% par an.
- Fonction de dommage liée au vent :
  - Enseignements de la tempête de 1999. Bock, J., et al 2005

$$\ln [Y/(1-Y)] = \alpha + \beta_2 * \text{Vent}_{130} + \beta_3 * \text{Vent}_{150} + \beta_4 * \text{Seuil}_{23,5m} + \beta_5 * H_0 + \beta_7 * \text{Sol}_1 + \beta_8 * \text{Sol}_2 + \beta_9 * \text{Topo}$$

- Transfert de fonction
  - Pour hauteur < à 23.5 m : Y = 0
  - Pour hauteur >= 23.5 :

$$Y = \frac{\exp(-4 + 0.08H_0)}{(\exp(-4 + 0.08H_0) + 1)}$$

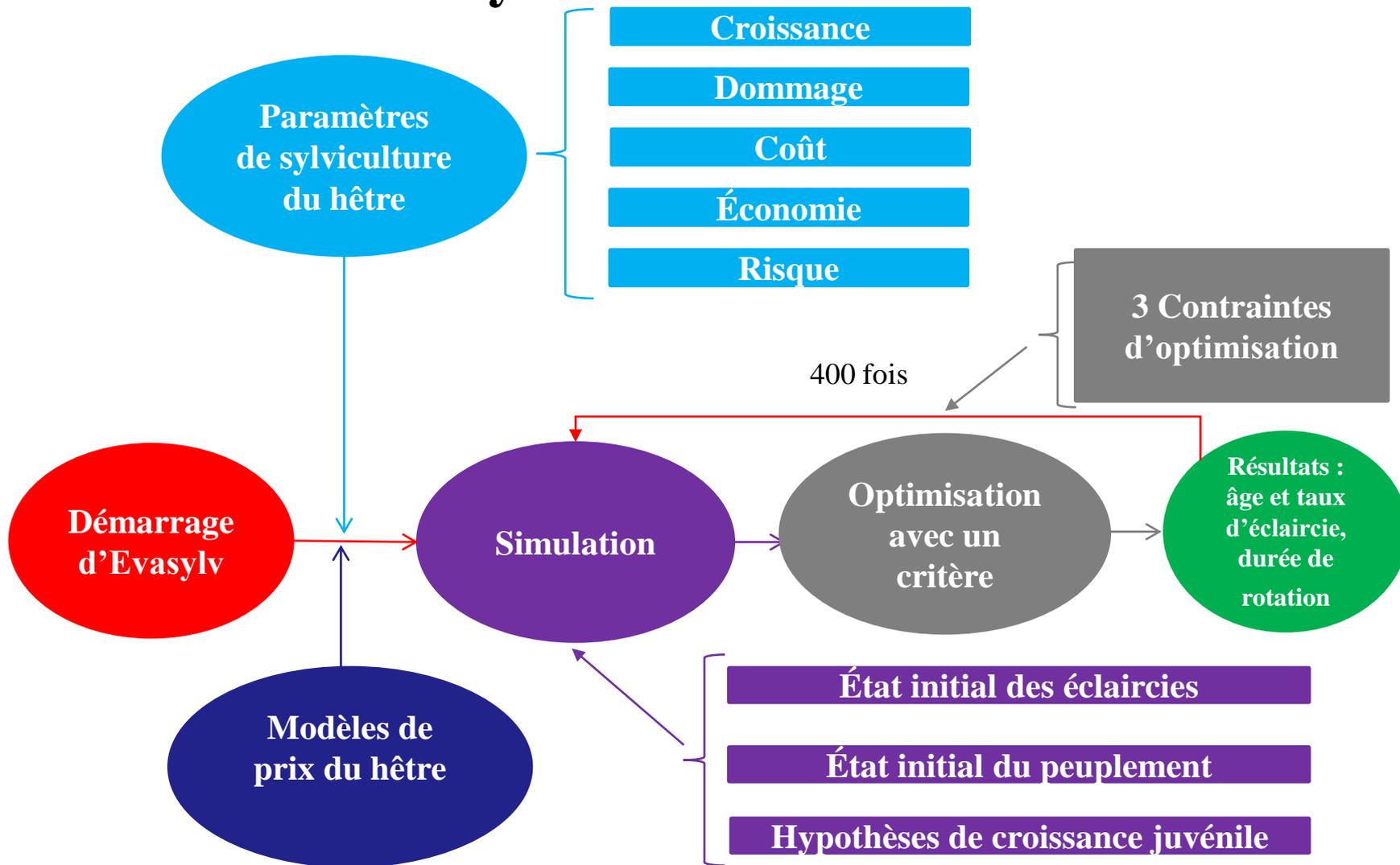




## Autres paramètres économiques

- **Baisse des prix des chablis : non modifié**
  - 50 % (estimation 30 %)
  - Perturbation après tempête : 5 ans.
- **Taux d'actualisation : 3 % (source : Terreaux, 1990)**
- **Trois contraintes de l'optimisation (Source : Pilard-Landeau, 2008)**
  - Délai min entre 2 éclaircies : 6 ans
  - Taux de prélèvement max par coupe : 61 %
  - Nombre de tiges à la coupe finale : 70 arbres.

# ■ Outil n° 1 Evasylv



**EvaSylv (1)**

Options Help 1 Barre de menu

Specific : growth  
This section contains all parameters relating to the growth of the

3

Specific : growth  
Specific : damage  
Specific : cost  
Specific : price  
Risk  
Eco  
Simu : init sylv  
Simu : init growth  
Simu : param  
Optim  
Output : optim

4

dofs  
q  
A  
H100  
fct\_dH  
fct\_H  
fct\_growth  
fct\_death  
fct\_V  
fct\_vol  
fct\_Hmoy

Sélection des fonctions et paramètres

Unconstrained Simulation  
Constrained Simulation  
Optimization 9

Optimized Criterion : 10  
W0

Run 12

T is fixed 11

fct\_Hmoy  
This function computes the average height of the trees, it can depend on the time t, and the number of tree n. [m] 5

[.8464, .3735] 7

définition des paramètres

def fct\_Hmoy(self, t, n, m\_Hmoy, H100):  
return self.fct\_H(t) 6

définition des fonctions

Save 8

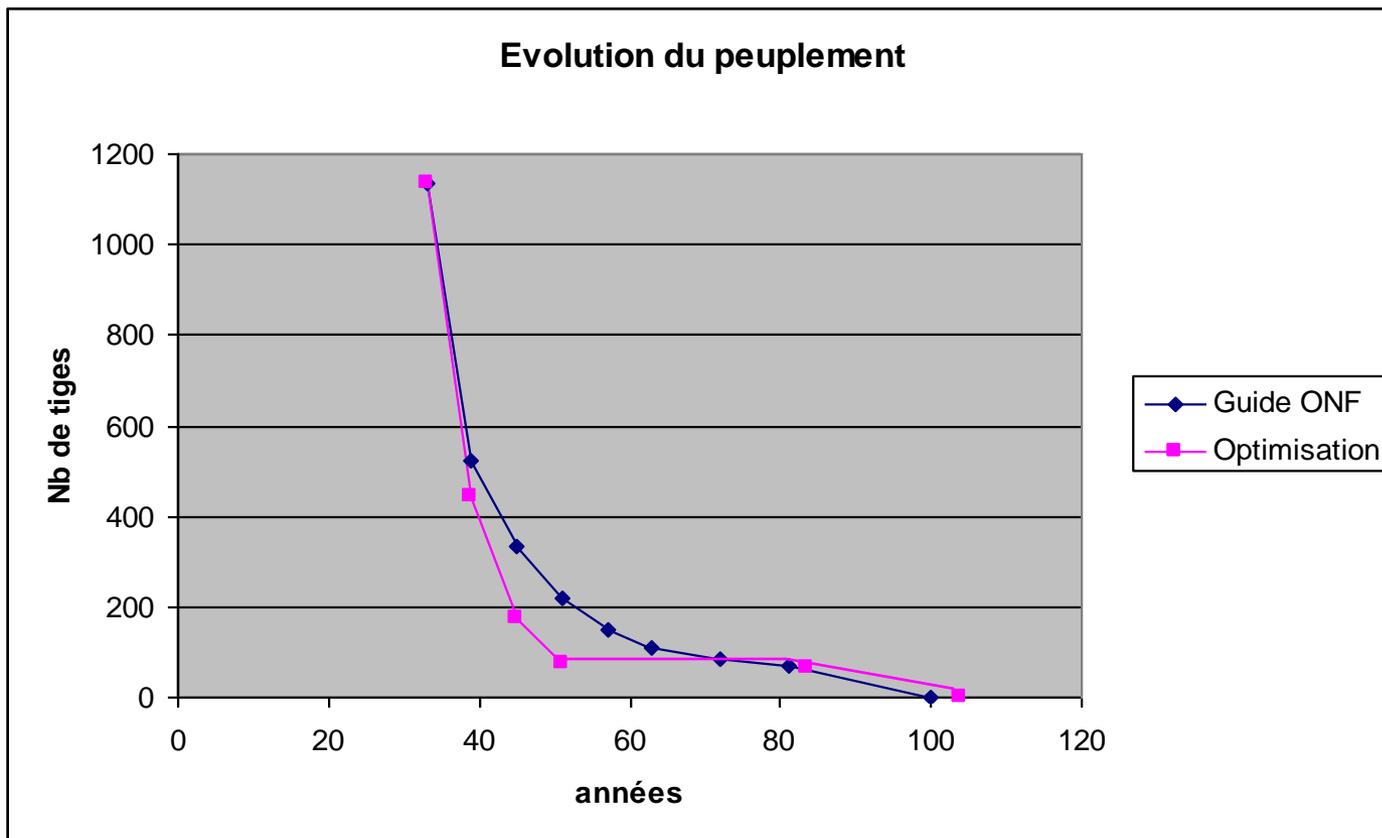
Aide sur les sections

Aide sur les fonctions et paramètres

# Résultats provisoires

Critère optimisé		Période avant 99	Période après 99
W0	Faustmann value without storm (€/ha)	700	-106
	Optimal rotation	111	114
W1	Faustmann value with storm (€/ha)	500	-394
	Optimal rotation	103	109

# ■ Comparaison avec la pratique





## Outil n° 2



# Capsis

Computer-aided projection of strategies in silviculture

- Capsis est une plateforme de simulation des modèles de croissance forestière (n =60) :
  - Échelle : 1 ha
  - Pluridisciplinarité : approche fine des processus biologiques, économiques et risques.
  - Partage des connaissances avec les scientifiques, les gestionnaires et l'éducation.
  - Donner une suite au projet : autres essences, autres services écosystémiques, autres risques ...

Projet Fagacées [ler] - 1 ha - Tout en mémoire -  
15a \*15a 27a 42a 57a 72a \*84a 99a 114a 126a

- (Dg/Hdom) / Temps ou Â
- (Hg/Dg) / Temps
- Age / Temps

Min  < Rdi initial: 58311248 > Max  

3



2

**Evolution**

Etats initial et final:

Age initial:	15 ans	Rdi initial:	58311248	Ddom initial:	3.6 cm
Age final:	397216 ans	Rdi final:	17728917	Ddom final:	1440102 cm

Configuration des éclaircies:

Domaine de variation autour du rdi cible:

Nombre d'années minimal entre deux éclaircies:

Coefficient d'éclaircie:

1

Projet Etape Editier Afficher Outils Aide



(Dg/Hdom) / Temps ou Â  
 (Hg/Dg) / Temps  
 Age / Temps

Projet Fagacées [ler] - 1 ha - Tout en mémoire -

15a \*15a 27a 42a 57a 72a \*84a 99a 114a 126a

Outil d'optimisation - 15a

Fichier Actions Options ?

Scénario Variables de contrôle Définition de l'optimisation Journal

Volume	Min	<input type="text"/>	Max	<input type="text"/>	Coefficient	<input type="text" value="1.0"/>	Pénalité	<input type="text" value="1000000.0"/>	Activer	<input checked="" type="checkbox"/>
Durée	Min	<input type="text"/>	Max	<input type="text" value="150"/>	Coefficient	<input type="text" value="0"/>	Pénalité	<input type="text" value="1000000.0"/>	Activer	<input checked="" type="checkbox"/>
Taux global	Min	<input type="text"/>	Max	<input type="text"/>	Coefficient	<input type="text" value="1.0"/>	Pénalité	<input type="text" value="1000000.0"/>	Activer	<input type="checkbox"/>
Valeur nette actualisée	Min	<input type="text"/>	Max	<input type="text"/>	Coefficient	<input type="text" value="1.0"/>	Pénalité	<input type="text" value="1000000.0"/>	Activer	<input type="checkbox"/>
Revenus moyens	Min	<input type="text"/>	Max	<input type="text"/>	Coefficient	<input type="text" value="1.0"/>	Pénalité	<input type="text" value="1000000.0"/>	Activer	<input type="checkbox"/>
Taux interne de rendement	Min	<input type="text"/>	Max	<input type="text"/>	Coefficient	<input type="text" value="1.0"/>	Pénalité	<input type="text" value="1000000.0"/>	Activer	<input type="checkbox"/>
Valeur de Faustmann	Min	<input type="text"/>	Max	<input type="text"/>	Coefficient	<input type="text" value="1.0"/>	Pénalité	<input type="text" value="1000000.0"/>	Activer	<input type="checkbox"/>



# Perspectives

## ■ **Projet Ecorisques**

- Stabiliser les outils, les données et les résultats.
- Revoir les conclusions.

## ■ **Appuyer les prises de décision sur :**

- La multifonctionnalité
- La prise en compte des risques dans les décisions.