

Économie du patrimoine forestier et naturel

Chapitre 6 : Exemples de justifications économiques de choix sylvicoles

Gauthier LIGOT

Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech

17/02/2021

Sommaire

- ① Valeur d'un arbre en futaie irrégulière
 - Introduction
 - Valeur de consommation
 - Gain annuel
 - Taux de fonctionnement
 - Valeur potentielle
 - Estimation du diamètre d'exploitabilité
 - Prise en compte des risques
 - Choix du taux de fonctionnement/actualisation
 - Analyse d'un martelage

- ② Protections de la régénération

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Introduction

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Lors du martelage en futaie irrégulière, le forestier effectue des choix entre des individus très différents.

Pour arbitrer ce choix, il convient de pouvoir calculer la valeur de chaque arbre.

A ce titre, Max Bruciamacchie propose l'utilisation de la valeur potentielle d'un arbre. Cette notion a fait l'objet d'un article Forêt Wallonne [Bruciamacchie et al., 2008] et d'une annexe détaillée dans un rapport de l'AFI [AFI, 2020]. Les slides suivantes résument ces documents.

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Valeur de consommation

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligtot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

La valeur de consommation (VC) correspond à la valeur de vente de l'arbre :

$$VC = P \times V$$

Avec

P Le prix unitaire (€/m³)

V Le volume de l'arbre (m³)

Éventuellement la valeur de consommation peut être décomposée en billon :

$$VC = \sum_j P_j \times V_j$$

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Gain annuel

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligo

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

La valeur de consommation d'un arbre augmente normalement au cours du temps du fait de :

- l'augmentation du volume (ΔV);
- l'augmentation du prix unitaire (ΔP);
- qui dépendent de l'augmentation du diamètre (ΔD).

Le gain annuel (δ) correspond à l'accroissement annuel en valeur d'un arbre :

$$\delta = \frac{VC_t - VC_0}{\Delta t}$$

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Gain annuel

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

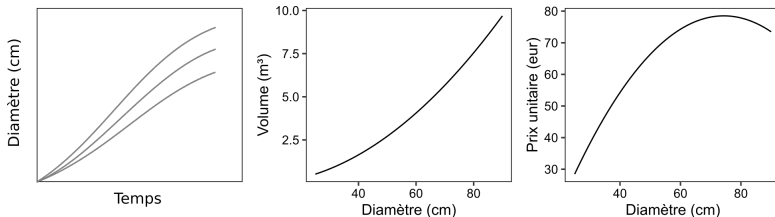
Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{VC_t - VC_0}{\Delta t} = \frac{(V_0 + \Delta V).(P_0 + \Delta P) - V_0.P_0}{\Delta t} \\ &= \frac{V_0.\Delta P + \Delta V.P_0 + \Delta V.\Delta P}{\Delta t} \\ &= \frac{\Delta D}{\Delta t} \left(\frac{V_0.\Delta P + \Delta V.P_0 + \Delta V.\Delta P}{\Delta D} \right) \\ &\approx \frac{\Delta D}{\Delta t} \left(\frac{V_0.\Delta P}{\Delta D} + \frac{\Delta V.P_0}{\Delta D} \right) = \frac{VC.\Delta D}{\Delta t} \left(\frac{\Delta P}{P_0.\Delta D} + \frac{\Delta V}{V_0.\Delta D} \right)\end{aligned}$$



Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Taux de fonctionnement

Le taux de fonctionnement (θ) est le rapport entre le gain annuel et la valeur de consommation.

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{\delta}{VC} \\ &\approx \frac{\Delta D}{\Delta t} \cdot \left(\frac{\Delta P}{P_0 \cdot \Delta D} + \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta D} \right) \\ &\approx \frac{\Delta D}{\Delta t} \cdot (\theta_P + \theta_V)\end{aligned}$$

Avec

$\frac{\Delta D}{\Delta t}$ l'accroissement en diamètre (cm/an) sous le contrôle de la sylviculture

θ_P l'accroissement relatif en prix unitaire.

θ_V l'accroissement relatif en volume.

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Valeur potentielle

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligo

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

La valeur potentielle d'un arbre est le rapport entre le gain annuel et un taux d'actualisation.

$$VP = \frac{\delta}{r}$$

VP correspond au capital, qui placé à un taux r , génère un revenu égal à δ . VP correspond à la somme d'une infinité de gains annuels identiques et actualisés (cf. formules de l'annuité, Chap 1 et 7).

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Valeur potentielle

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

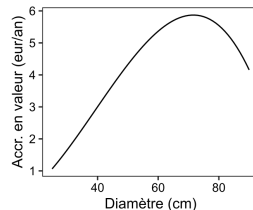
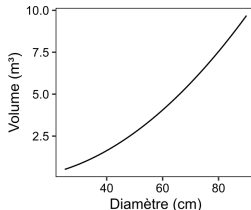
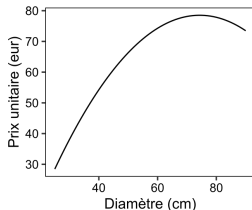
Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

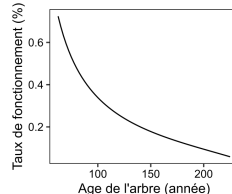
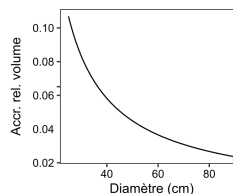
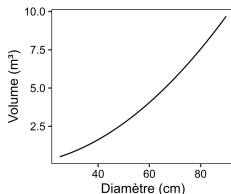
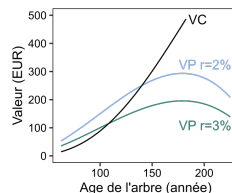
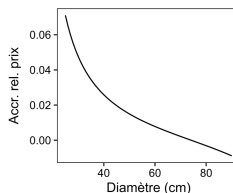
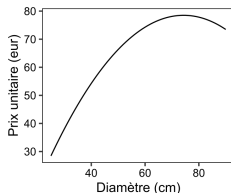
Soit l'évolution de ces grandeurs pour un arbre au cours du temps avec $\Delta D / \Delta t = 0,4 \text{ cm/an}$.



Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Valeur potentielle

Soit l'évolution de ces grandeurs pour un arbre au cours du temps avec $\Delta D / \Delta t = 0,4 \text{ cm/an}$.



Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Valeur potentielle

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

En faisant abstraction des arbres voisins ou d'un éventuel besoin de décapitalisation, un arbre sera conservé tant que :

- sa valeur potentielle est supérieur à sa valeur actuelle ($VP > VC$) ;
- son taux de fonctionnement est supérieur au taux d'actualisation choisi ($\theta > r$).

Si un arbre est gardé alors que sa $VP < VC$, on dira que l'arbre “ne paie pas sa place”. En cas de vente ultérieure, le propriétaire récupèrera la VC mais celle-ci ne sera pas suffisante : le taux de fonctionnement sera inférieur au taux d'actualisation choisi par le propriétaire.

Un parallèle peut être dressé entre le taux de fonctionnement et le taux interne de rentabilité. Dans ce cas : si $VC = VP$ alors $\theta = r$.

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Estimation du diamètre d'exploitabilité

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

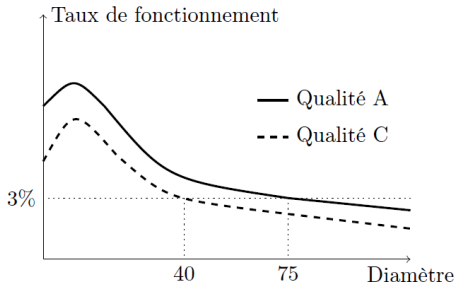
Protections de
la régénération

Le diamètre d'exploitabilité optimal sera identifié lorsque :

- $VP = VC$

- $\theta = r$

Le diamètre d'exploitabilité dépendra de la qualité :



Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Estimation du diamètre d'exploitabilité

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligo

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Exemple de diamètre d'exploitabilité par essence et qualité.

	A	B	C	D
Chêne	80 - 90	70 - 80	50 - 60	le
Hêtre	70 - 80	65 - 75	50 - 60	plus
Frêne	65 - 70	60	50	tôt
Merisier	65 - 70	60	50	possible
Erable S	65 - 70	60	50	selon
Aulne	65 - 70	40 - 45	35 - 40	voisins

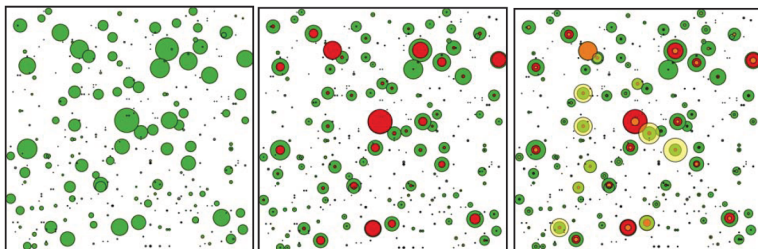
Protections de
la régénération

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Estimation du diamètre d'exploitabilité

Lors du martelage, le forestier évalue :

- 1 Le volume des arbres (tarif de cubage)
- 2 Le valeur de consommation (prix du marché)
- 3 La valeur potentielle (accroissement)



● Volume

● Valeur de consommation

● Valeur potentielle

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Estimation du diamètre d'exploitabilité

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

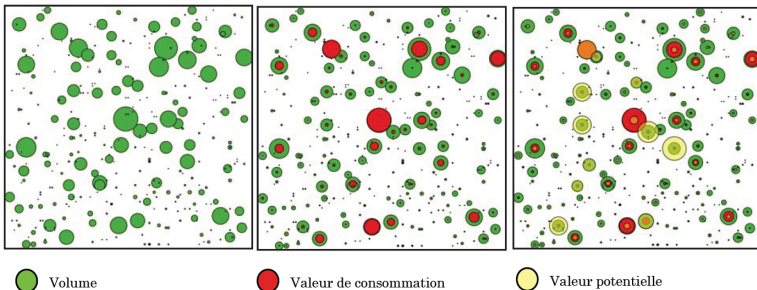
Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Le forestier pourra en outre tenir compte

- de valeurs écologiques
- de risques (ex. variation des prix, dépréciation du bois)



Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Prise en compte des risques

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligtot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Le risque peut être pris en considération en modifiant la valeur du gain (cas d'une perturbation).

Soit

q la probabilité d'un aléa (exprimée par année).

β la proportion de ressource qui est sauvegardée en cas d'aléa.

δ le gain en l'absence de l'aléa.

δ_r le gain en tenant compte de la probabilité l'aléa.

Alors le gain probable sur un an est :

$$\delta_r = (1 - q).(VC + \delta) + q.\beta.VC - VC$$

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Prise en compte des risques

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligt

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

$$\delta_r = (1 - q).(VC + \delta) + q.\beta.VC - VC$$

En tenant compte que $\delta = VC.\theta$, on obtient

$$\delta_r = VC ((1 - q).(1 + \theta) + q.\beta - 1)$$

Ce qui nous permet de calculer θ_r , le taux de fonctionnement en tenant compte de la probabilité de l'aléa :

$$\theta_r = \frac{\delta_r}{VC} = (1 - q).(1 + \theta) + q.\beta - 1$$

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Choix du taux de fonctionnement/actualisation

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

- Si θ est fixé trop bas \rightarrow peu exigeant quant à l'efficacité du placement.
- Si θ est fixé trop haut \rightarrow favorise une coupe prématurée des bois.

Le θ doit être en accord avec les exigences du propriétaire et des potentialités du peuplement. D'après l'AFI qui a analysé la gestion d'une soixantaine de peuplements irréguliers de référence, il semble que pour des peuplements à l'équilibre, le taux de fonctionnement observé est de $\pm 4\%$.

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Choix du taux de fonctionnement/actualisation

Le forestier peut vouloir favoriser certaines essences minoritaires. Cette décision peut se formaliser en utilisant un taux d'actualisation différents pour les différentes essences. Le diamètre d'exploitabilité des essences avec un r faible sera plus élevé.

Exemple d'utilisation de taux d'actualisation différents pour différentes essences.

Essence	$r(\%)$
Chêne	2.5
Hêtre	4
Charme	4
Frêne	3
Autre Feuillus	2
Autres Résineux	4

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Analyse d'un martelage

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligo

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

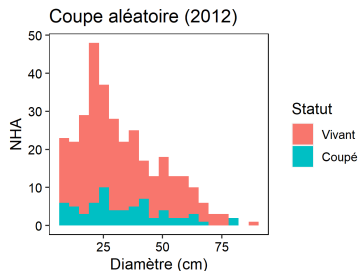
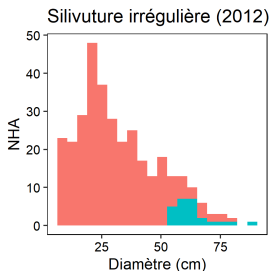
Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Soit une hêtraie-sapinière-pessière inventorié en 2012. La surface terrière est de $35,4 \text{ m}^2/\text{ha}$. Deux martelages sont comparés. Le premier a été obtenu en appliquant un algorithme qui imite la sylviculture de peuplements irréguliers alors que le deuxième correspond à un prélèvement aléatoire. Les deux coupes prélèvent 7.5 et $8 \text{ m}^2/\text{ha}$.



Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Analyse d'un martelage

En sommant la valeur potentielle de tous les arbres non-prélevés, on peut calculer la valeur potentielle du peuplement.

On peut également faire deux bilans : le bilan en valeur de consommation (*BVC*) et en valeur potentielle (*BVP*).

$$BVC = VC_{2022} - VC_{2012} + VC_{cut}$$

$$BVP = VP_{2012} - VC_{2012} + VC_{cut}$$

Scénario					<i>r</i> = 2%		<i>r</i> = 3%	
	<i>VC</i> ₂₀₁₂	<i>VC</i> _{cut}	<i>VC</i> ₂₀₂₂	<i>BVC</i>	<i>VP</i> ₂₀₁₂	<i>BVP</i>	<i>VP</i> ₂₀₁₂	<i>BVP</i>
Irrégulier	29 603	9 125	27 123	6 645	37 472	16 994	24 981	4 503
Aléatoire	29 603	6 669	27 645	4 711	33 435	10 501	22 290	-644

Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Analyse d'un martelage

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

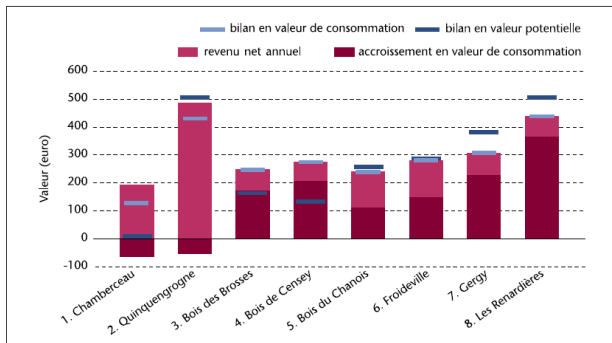
Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

- Cas 1** Décapitalisation faisant suite à une tempête et menant à un revenu net élevé et à une valeur potentielle inférieure à la valeur de consommation.
- Cas 2** Malgré une perte de valeur de consommation (décapitalisation), le choix des arbres à permis de maintenir une valeur potentielle supérieure à la valeur de consommation.



Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

Analyse d'un martelage

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligoit

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

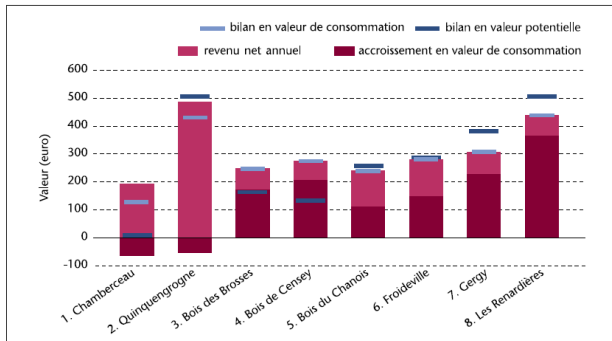
Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Cas 3 et 4 Phase de capitalisation. Augmentation de la valeur de consommation et la valeur potentielle reste inférieure à la valeur de consommation car les meilleurs individus ne sont pas suffisamment valorisés.

Cas 5 et suivants Gestion idéale. "Ces peuplements ont fait l'objet de coupes favorisant les meilleurs individus tout en permettant au capital sur pied de s'accroître, non seulement en termes de valeur de consommation mais aussi et surtout en termes de valeur potentielle."



Sommaire

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligo

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

1 Valeur d'un arbre en futaie irrégulière

- Introduction
- Valeur de consommation
- Gain annuel
- Taux de fonctionnement
- Valeur potentielle
- Estimation du diamètre d'exploitabilité
- Prise en compte des risques
- Choix du taux de fonctionnement/actualisation
- Analyse d'un martelage

2 Protections de la régénération

Protections de la régénération

Quantifier le risques d'apparition des dégâts

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

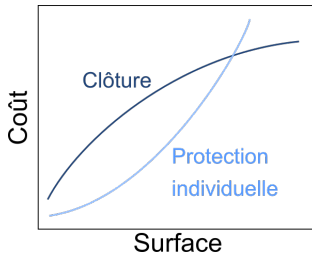
Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Contre les ongulés, plusieurs protections peuvent être envisagées et notamment des clôtures ou des protections individuelles.

Les clôtures bénéficient d'un effet d'échelle. Néanmoins, de grandes clôtures peuvent engendrer des sur-coûts d'entretien et de surveillance.



Protections de la régénération

Quantifier le risques d'apparition des dégâts

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

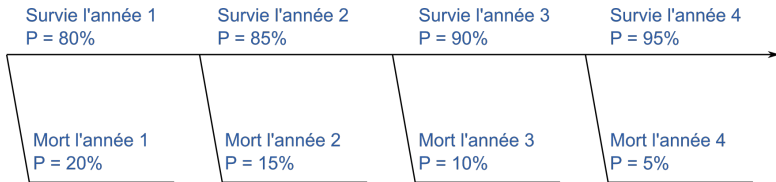
Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Pour évaluer l'intérêt de la mise en place d'une protection, il convient de pouvoir évaluer la perte engendrée sans protection (et donc la valeur actuelle net des scénarios avec et sans protection).

La probabilité d'apparition de dégâts varie au cours du temps.
Par exemple :



Après 4 ans, $80\% \times 85\% \times 90\% \times 95\% = 58,1\%$ des plants auront survécus.

Protections de la régénération

Choix de la protection

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligot

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Soit une essence sensible (ex. chêne, $P = 58,1\%$) permettant de générer des revenus actualisés de 1 000 € et une autre espèce deux fois moins sensible (ex. hêtre, $P = 77,1\%$) mais permettant de générer seulement 800 €. En supposant un coût de plantation de 400 €, on peut avec ces données calculer la valeur attendue moyenne (VAM).

$$VAM_{\text{chêne}} = 1000 \times 0,581 - 400 = 181$$

$$VAM_{\text{hêtre}} = 800 \times 0,771 - 400 = 217$$

Sans protection, planter du hêtre serait plus intéressant. Ce raisonnement est cependant incomplet. Des idées ?

Protections de la régénération

Choix de la protection

Si des semis sont détruits, ils seront éventuellement replantés. Il convient de tenir compte de la valeur des cycles de production suivants.

$$\begin{aligned} VAM &= p.(VAR_n + VAN_{n \rightarrow \infty}) - C_{(0)} + \sum_{t=1}^{i=n} (1 - p_t).VAN_{t \rightarrow \infty} \\ &= p.(VAR_n + \frac{VAM}{(1+r)^n}) - C_{(0)} + \sum_{t=1}^{i=n} (1 - p_t). \frac{VAM}{(1+r)^t} \end{aligned}$$

Avec

p La probabilité de survie pendant n année : $\prod_{t=1}^{i=n} p_t$

p_t La probabilité de survie pour l'année t

$C_{(0)}$ Les coûts initiaux

VAR_n Les revenus actualisés pour le premier cycle de production

$VAN_{n \rightarrow \infty}$ La valeur actualisée net des cycles de productions suivants

Protections de la régénération

Choix de la protection

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligo

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération

Pour notre exemple et dans le cas du chêne, on obtient :

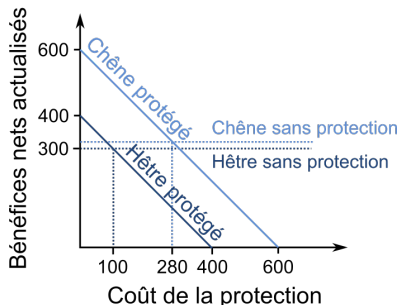
$$VAM = 0,581 \cdot \left(1000 + \frac{VAM}{(1+r)^n} \right) - 400 + \frac{0,2 \cdot VAM}{(1+r)^1} + \frac{0,15 \cdot VAM}{(1+r)^2} + \frac{0,1 \cdot VAM}{(1+r)^3} + \frac{0,05 \cdot VAM}{(1+r)^4}$$

avec $r = 5\%$, on trouve $VAM_{\text{chêne}} = 320$ et $VAM_{\text{hêtre}} = 300$.

Protections de la régénération

Choix de la protection

On peut comparer ces valeurs avec celles qui seraient obtenues avec des protections qui permettraient d'éviter les dégâts.



Pour les plantations de chêne, la protection est intéressante si son coût est inférieur à 280 €. Pour hêtre, le coût de la protection doit être inférieur à 100 €. Dans tous les cas, la plantation de chêne est préférée mais l'avantage est faible si la protection est supérieur à 280 €.

Références

Économie du
patrimoine
forestier et
naturel

G. Ligo

Valeur d'un
arbre en futaie
irrégulière

Introduction

Valeur de
consommation

Gain annuel

Taux de
fonctionnement

Valeur potentielle

Diamètre
d'exploitabilité

Risques

Choix du taux

Martelage

Protections de
la régénération



AFI (2020).

Valorisation de la base afi.

Technical report, Association Futaie Irrégulière.



Bruciamacchie, M., Bailly, M., and Schneider, J.-B. (2008).

La valeur potentielle comme outil d'aide à la gestion des peuplements irréguliers.

Forêt Wallonne, 93 :34–43.