

Optimisation de la sylviculture d'une futaie régulière de Chêne : Construction d'une approche multicritère

Gilles Le Moguédec

Laboratoire d'Etudes des Ressources Forêt-Bois
Centre INRA de Nancy
54280 Champenoux Cedex
Courriel : moguedec@nancy.inra.fr

Introduction

Comme dans beaucoup d'autres secteurs, les gestionnaires forestiers sont désormais confrontés à des problématiques de développement durable.

Le secteur forestier présente cependant quelques particularités :

- Longueur du cycle de production;
- Multifonctionnalité;
- Image d'un milieu naturel.

Aussi les effets d'une politique forestière sont-ils difficiles à évaluer

La modélisation constitue l'un des outils de choix pour définir de nouvelles pratiques sylvicoles réalisant un bon compromis entre les différents aspects du développement durable.

Fonctions de la forêt et développement durable

Les fonctions de la forêt traditionnellement identifiées

Le forestier travaillait traditionnellement pour favoriser les fonctions suivantes :

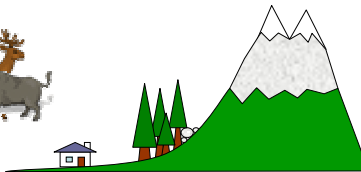
- Production de bois



- Abri pour le gibier



- Protection contre l'érosion, les avalanches...



Les autres fonctions (promenades, ...) ne constituaient pas des objectifs particuliers, elles se trouvaient remplies *de facto*.

L'émergence de préoccupations liées au concept de **développement durable** amène progressivement les forestiers à considérer explicitement ces autres fonctions.

Développement durable & Forêt

Définitions :

Développement durable (Rapport Brundtland, 1987) :

Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

La gestion durable en forêt (Processus d'Helsinki, 1993) :

(Résolution H1 de la Conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe)

La gestion durable signifie la gérance et l'utilisation des forêts et des terrains boisés d'une manière et à une intensité telles :

- *qu'elles maintiennent leur diversité biologique, leur productivité, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur capacité à satisfaire, actuellement et pour le futur, les fonctions écologiques, économiques et sociales pertinentes aux niveaux local, national et mondial,*
- et*
- *qu'elles ne causent pas de préjudices à d'autres écosystèmes.*

**Ce sont là des principes généraux,
reste à les traduire en critères et indicateurs utilisables.**

Domaines concernés par la gestion forestière durable

(Conférence de Vienne, 2003)

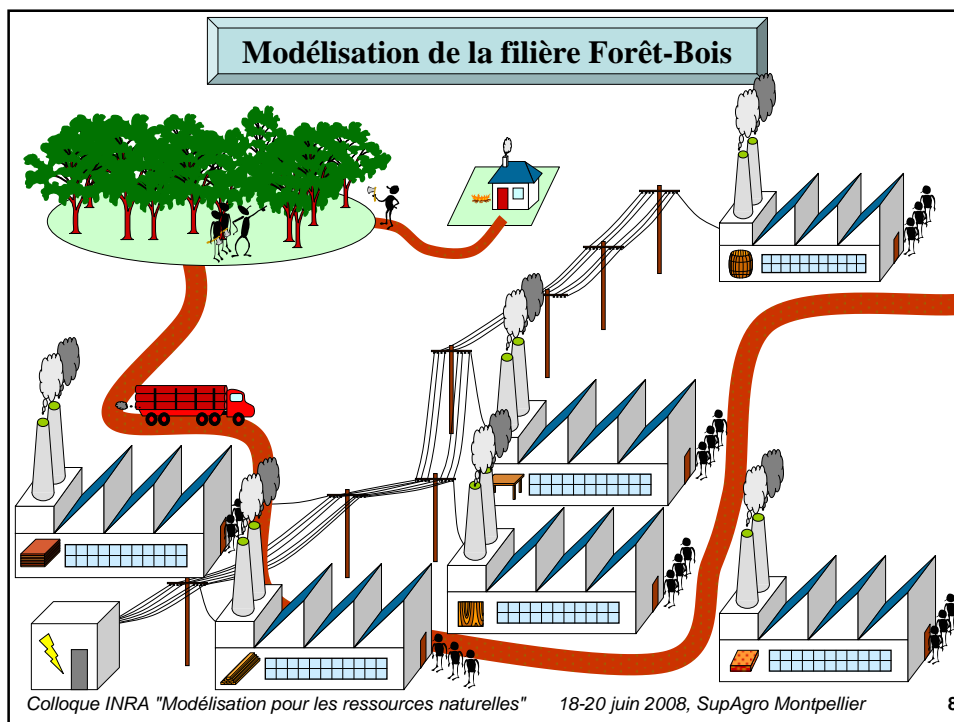
Plusieurs catégories de critères ont été proposés,
dont 6 ont été déclinés en plusieurs indicateurs quantitatifs

- Conservation et amélioration des ressources forestières et de leur contribution aux cycles mondiaux du Carbone;
- Maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers;
- Maintien et encouragement des fonctions de production des forêts (bois et hors bois);
- Maintien, conservation et amélioration de la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers;
- Maintien et amélioration des fonctions de protection dans la gestion des forêts (notamment sol et eau);
- Maintien d'autres bénéfices et conditions socio-économiques.

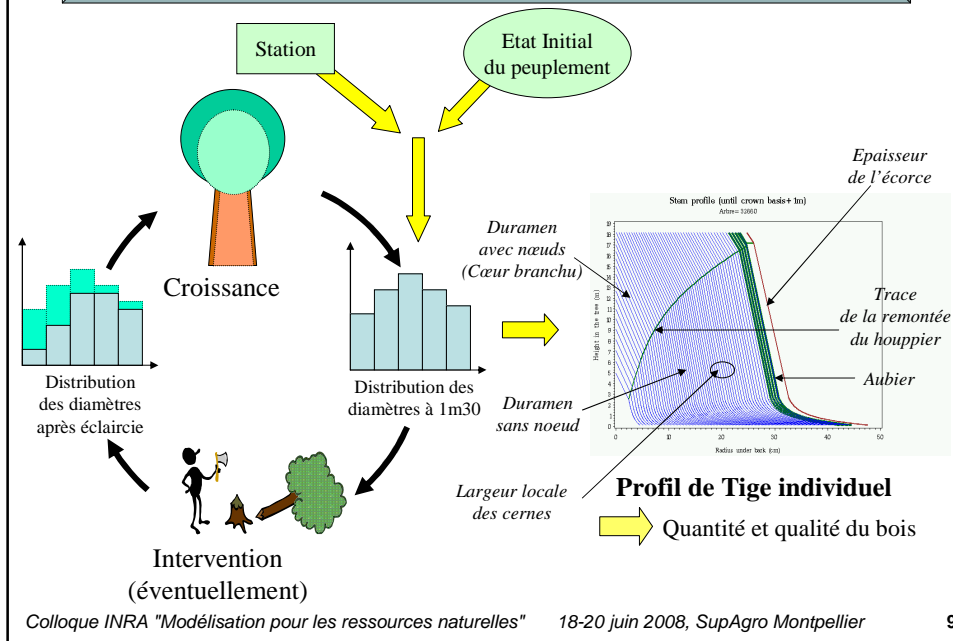


Intégration de ceux de ces indicateurs qui nous sont accessibles
par modélisation

Modélisation de la Filière Forêt-Bois : Cas d'une futaie régulière de Chêne sessile



Un modèle pour la croissance d'un peuplement : *Fagacées*



Billonnage des Tiges simulées

Plusieurs compartiments dans la Tige :

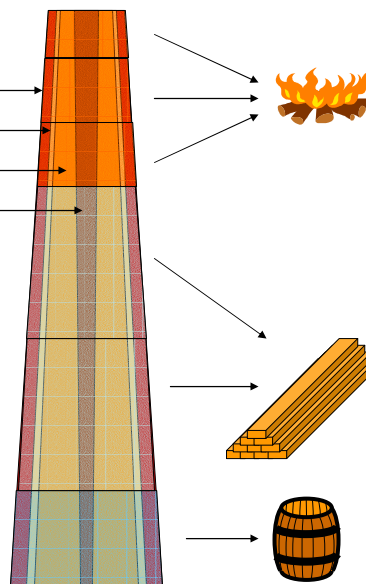
- Ecorce
- Aubier
- Duramen sans noeud
- Cœur branchu

Plusieurs produits considérés

Chacun a ses critères de qualité



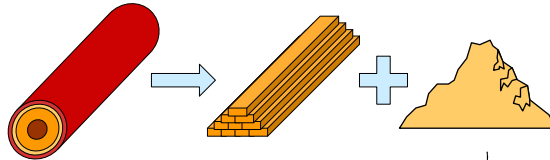
Règle de billonnage



Transformation des billons en produits

Chaque filière est caractérisée par un process particulier :

Transformation
du billon

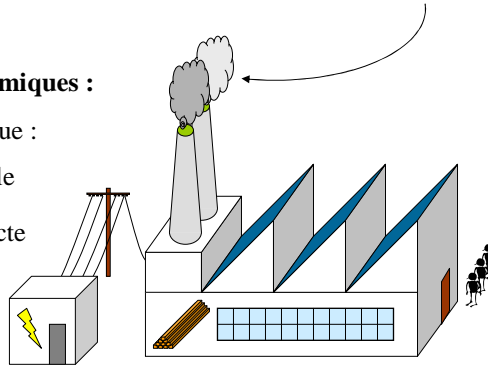


Paramètres technico-économiques :

✦ Consommation énergétique :

- Energie renouvelable
- Energie fossile directe
- Energie électrique

✦ Emploi



Colloque INRA "Modélisation pour les ressources naturelles" 18-20 juin 2008, SupAgro Montpellier

11

Les produits considérés

Par ordre de valorisation décroissante :

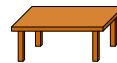
•Filière Tranchage



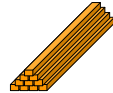
•Filière Tonnellerie



•Filière Ebénisterie / Menuiserie



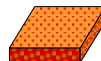
•Filière Sciage industriel



•Filière Panneau de LVL



•Filière Panneau de particules



•« Filière Bois de feu »



Colloque INRA "Modélisation pour les ressources naturelles" 18-20 juin 2008, SupAgro Montpellier

12

Optimisation de la filière : Construction des indicateurs

Principes de construction des indicateurs

Un indicateur est une mesure d'un aspect du critère correspondant (ou de son résultat)

Certains indicateurs sont directement fournis par les sorties du modèle

Ex: volume de bois sur pied

Quantité de bois récolté (Volume total ou par catégories)

D'autres utilisent des informations intermédiaires :

Ex:

• *Quantité de bois récolté par catégories + modèle de prix => revenu*

• *Volume sur pied + transformation + Volume produits + durées de vie
+ modèles de densité du bois => Carbone immobilisé*

D'autres enfin sont obtenus de façon très indirecte

Ex: Critères de biodiversité



Certains indicateurs sont plus fragiles que d'autres

Utiliser ces indicateurs pour une optimisation multicritère

Combiner ces indicateurs dans une même fonction objectif (fonction d'utilité) à optimiser

Quand ces indicateurs expriment des quantités comparables, c'est évident

Ex :
(Recette de la vente de bois) – (Coût des travaux sylvicoles)
= (Revenu du forestier)

Sinon, quand c'est possible, utiliser des coefficients de conversion (« prix »)

Ex :
(Revenu du forestier) + a *(Emplois induits dans la filière)
→ (Activité économique de la filière)
Point de vue de la puissance publique

Mais cela n'a pas toujours de sens

Ex : « Prix » de la biodiversité ? (problèmes d'évaluation, de non linéarité, ...)



Utiliser indicateur dans une contrainte

Quelle limite définir pour cette contrainte ?

Cas particulier d'un contexte de risque

Les résultats du modèle et/ou les indicateurs sont des variables aléatoires

La décision optimale doit en tenir compte

Conséquences sur les méthodes d'optimisation :

La valeur d'un indicateur devenant aléatoire, elle n'est plus utilisable en tant que telle



Utiliser des caractéristiques de sa distribution (espérance, quantiles, ...)

Si ces caractéristiques sont directement exprimables,
en utiliser les expressions à la place des indicateurs

Méthodes d'optimisation identiques à celles utilisés en contexte déterministe

Sinon, les estimer numériquement par des simulations

Méthodes d'optimisation doivent être adaptées

Conséquences sur la conception de la problématique

Un agent économique garde rarement le même comportement quand il passe en univers incertain (aversion au risque)



Reconstruire la fonction d'utilité pour en tenir compte

Redéfinition de la fonction objectif en contexte incertain

On part d'une fonction de gain G à optimiser. En contexte incertain, G devient aléatoire.

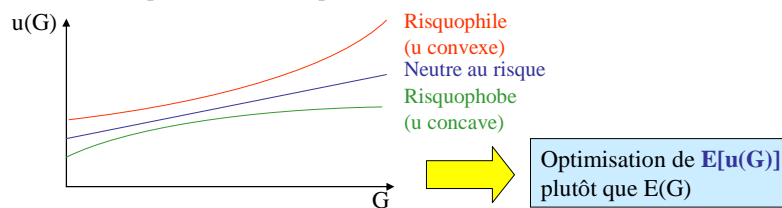
• Si on choisit de faire porter l'optimisation sur son espérance $E(G)$, on utilise un critère de type **neutre** au risque.

Indifférence entre un profit aléatoire et son espérance

• En réalité, certaines personnes aiment le risque (**risquophiles**). *Amateurs de jeux de hasard*
Elles préfèrent un profit aléatoire à son espérance

• Mais pas la plupart des personnes (**risquophobes**). *Assurances, ...*
Elles préfèrent un profit certain à un profit aléatoire de même espérance

➔ Les théories économiques pour l'**incertitude** font appel à une **fonction d'utilité** u du profit aléatoire G pour décrire ces différentes situations.



➔ La question est alors : **Comment choisir $u(G)$?**

Illustration (Hors contexte de risque)

Description de la problématique

Contexte :

Forêt gérée par la puissance publique qui en perçoit directement les revenus

Mais avec des préoccupations de développement durable :

- Maintien de la fertilité des sols (éléments minéraux)
- activité économique de la filière
- Biodiversité

Futaie régulière de Chêne sessile en situation stationnaire

Durée de révolution fixée

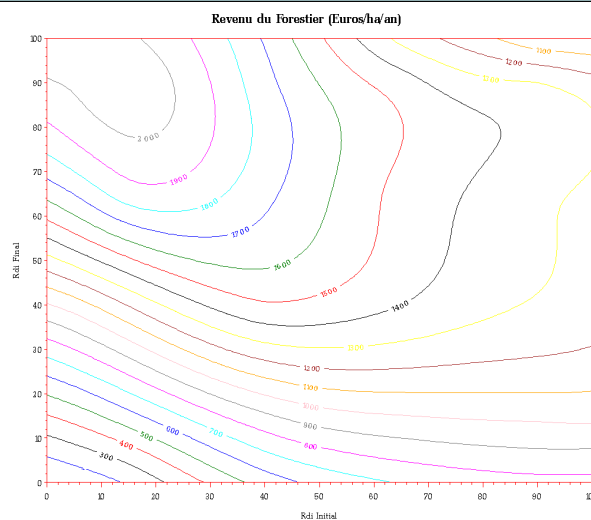
Variables de décision :

Densité du peuplement en début de sylviculture (RDI Initial)

Densité visée pour le peuplement en fin de sylviculture (RDI Final)

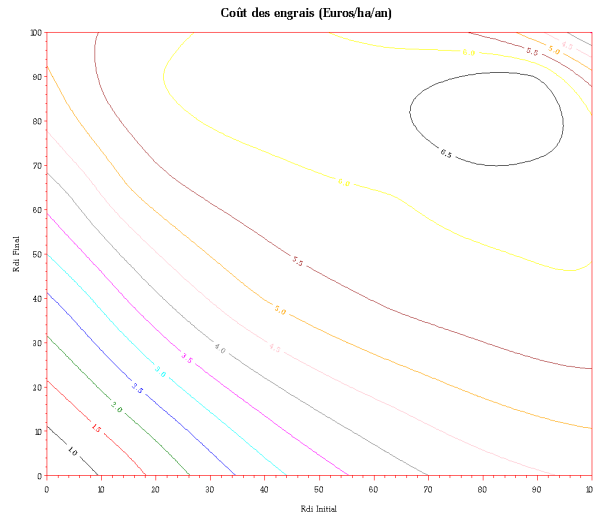
Tous les autres paramètres caractérisant la sylviculture sont ici fixés.

Indicateur : « revenu du forestier »



Revenu = (Prix du bois par classe de qualité) * Σ volume - (coût des travaux forestiers)

Indicateur : « Coût des engrais minéraux »

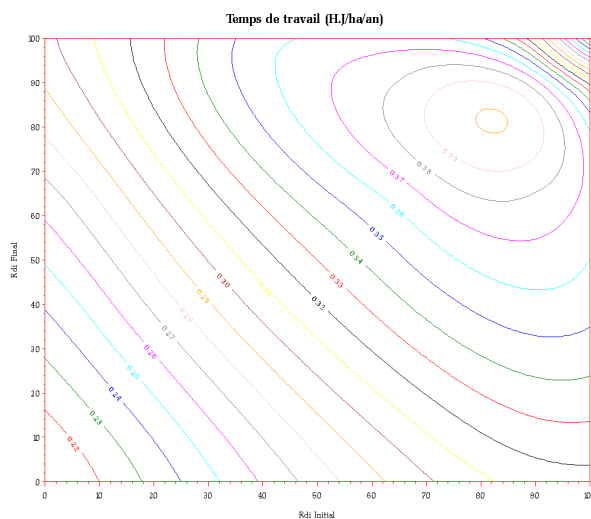


Coût Engrais = (Prix engrais) * (éléments minéraux exportés via l'exploitation) :

Colloque INRA "Modélisation pour les ressources naturelles" 18-20 juin 2008, SupAgro Montpellier

21

Indicateur : « Emploi dans la filière »



Emploi = (Salaire horaire moyen) * (Nombre d'heures de travail)

Colloque INRA "Modélisation pour les ressources naturelles" 18-20 juin 2008, SupAgro Montpellier

22

Définition de la fonction objectif et des contraintes

Fonction objectif :

Fonction objectif = (Revenu) - (Coût des engrais) + (Emploi dans la filière)

Contraintes :

RDI : Par définition, un RDI est compris entre 0 et 1

$Rdi \geq 1$ → Mortalité naturelle

Mais si RDI trop faible, ce n'est plus une forêt ! →

→ On impose $RDI \geq 0.4$

$0.4 \leq RDI \leq 1$

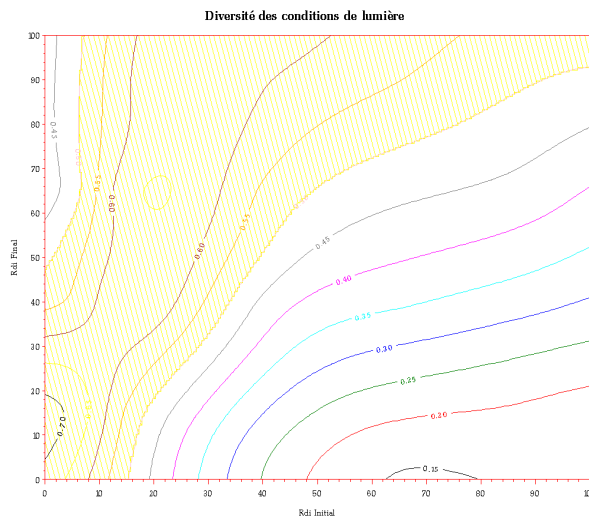
Biodiversité :

Indicateur basé sur la variabilité de l'éclairement au sol sur l'ensemble de la révolution (vise à représenter une diversité des conditions de lumière pour les plantes de sous-bois)



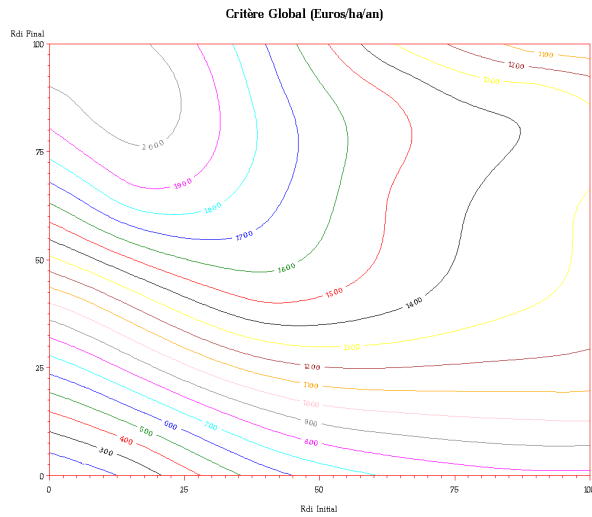
« Diversité des conditions de lumière » ≥ 0.5 (limite arbitraire)

Indicateur : « Diversité des conditions de lumière »

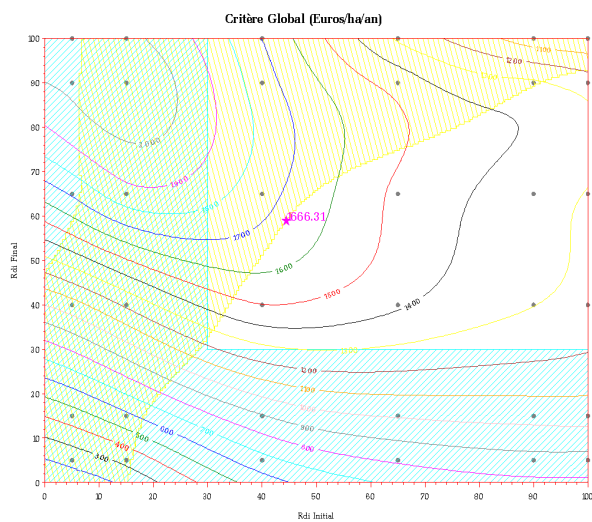


« Diversité des conditions de lumière » ≥ 0.5

Fonction objectif sans les contraintes



Fonction objectif & contraintes



Conclusion

Une approche de type « développement durable » implique d'aborder une problématique sous une multitude d'angles différents

Il y a donc un compromis à trouver entre de nombreux objectifs et intérêts souvent contradictoires

La modélisation est l'un des outils permettant de trouver de tels compromis

Il faut pour cela traduire les différents critères impliqués dans le développement durable en indicateurs accessibles par modélisation

Pour trouver le « meilleur » compromis, il faut alors les combiner en une fonction objectif et un jeu de contraintes qui constituent le problème mathématique à résoudre.

La définition de ce problème mathématique n'est pas neutre : elle reflète un certain point de vue. Ses résultats doivent donc être interprétés en conséquence.

Enfin, il faut veiller à utiliser une méthode d'optimisation adaptée.

Merci de votre attention