

Optimisation de sylviculture basée sur le modèle Fagacées : premiers résultats et perspectives

Gilles Le Moguédec
Equipe QB du Lerfob
Email : moguedec@nancy.inra.fr

Introduction

Les modèles de croissance et production sont notamment utilisés pour étudier les conséquences de **différents scénarios** de gestion sylvicole

L'idée sous-jacente est souvent de déterminer quel pourrait être le **meilleur** de ces scénarios.

Il s'agit donc en fait de résoudre un problème d'**optimisation**

Les outils techniques pour résoudre un tel problème existent, mais encore faut-il commencer par **construire** ce problème.

Illustration dans le cas d'une futaie régulière de Chêne sessile étudiée à l'aide du modèle **Fagacées** (J.-F. Dhôte).

Construction d'un problème d'optimisation

Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

3

Éléments nécessaires

- **Un modèle de croissance :** Le modèle **Fagacés** (J.-F. Dhôte)

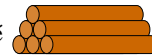


- Hêtre ou **Chêne sessile**
- Futaie régulière et équienne
- Modèle Arbre **Indépendant** des Distances

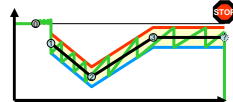
- **Un critère d'évaluation à optimiser (fonction objectif)**

Deux critères étudiés ici :

- Un critère de production : Volume commercial annuellement récolté
- Un critère économique : Revenu annuel actualisé



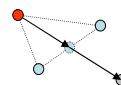
- **Une famille de scénarios sylvicoles (variables de commande)**



Nécessite une construction *ad hoc*

- **Une méthode d'optimisation adaptée**

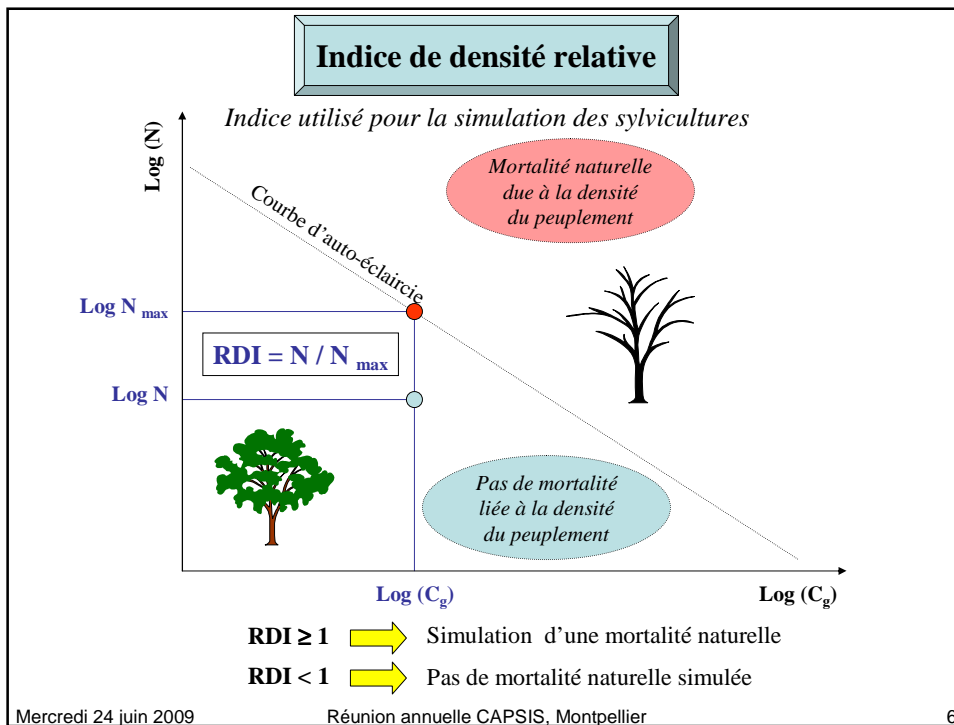
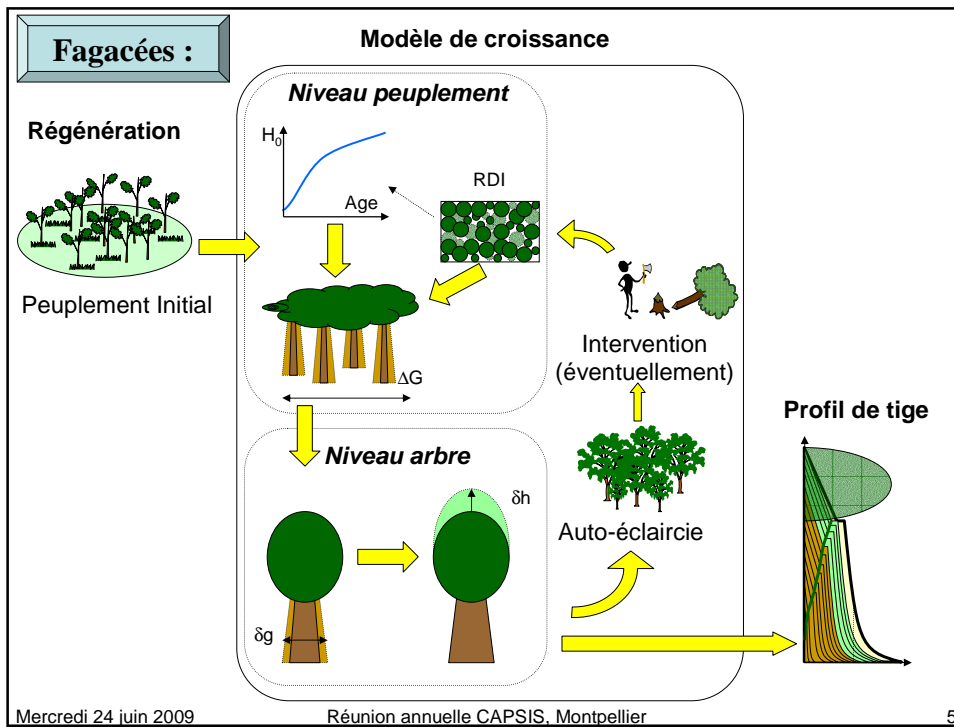
Ici, choix de l'algorithme du simplexe de **Nelder & Mead**




Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier


4



Deux critères étudiés

Un critère de production: 

Volume commercial = $\varnothing \geq 7cm$

Un critère économique : 

Volume Commercial Annuel

$$\frac{\sum V_{\text{commercial récolté}}}{\text{Durée scénario}}$$

Revenu annuel moyen actualisé

$$\frac{\sum_t [\sum_{\text{qual.}} (V_{\text{com.}} * \text{Prix}) - \text{Coûts}] / (1+\tau)^t}{\text{Durée scénario}}$$

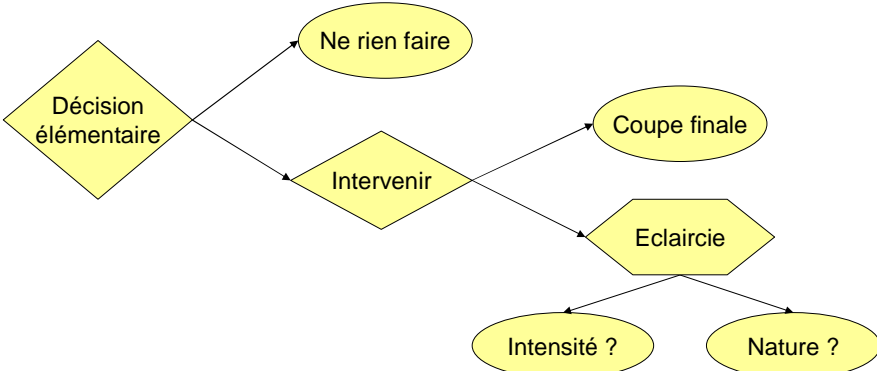
*Critère de qualité basé sur la
largeur moyenne de cerne
(limites à 2 et 4 mm)*

*Taux d'actualisation
 $\tau = 2\%$*

Mercredi 24 juin 2009 Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier 7

Conception d'une famille de scénarios sylvicoles


A chaque pas de la simulation :



```

graph TD
    A{Décision élémentaire} --> B([Ne rien faire])
    A --> C{Intervenir}
    C --> D([Coupe finale])
    C --> E{Eclaircie}
    E --> F([Intensité ?])
    E --> G([Nature ?])
    
```

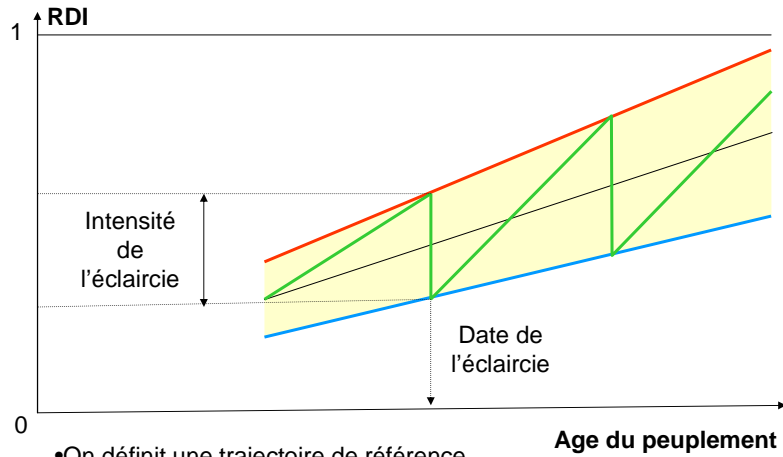
Pas question de le faire « à la main »



Définir une règle indiquant quoi faire au programme

Mercredi 24 juin 2009 Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier 8

Principe des scénarios sylvicoles étudiés



- On définit une trajectoire de référence
- Et une enveloppe de tolérance autour de cette référence
- On laisse le peuplement croître jusqu'à la limite supérieure
- Alors on intervient pour le ramener à la limite inférieure

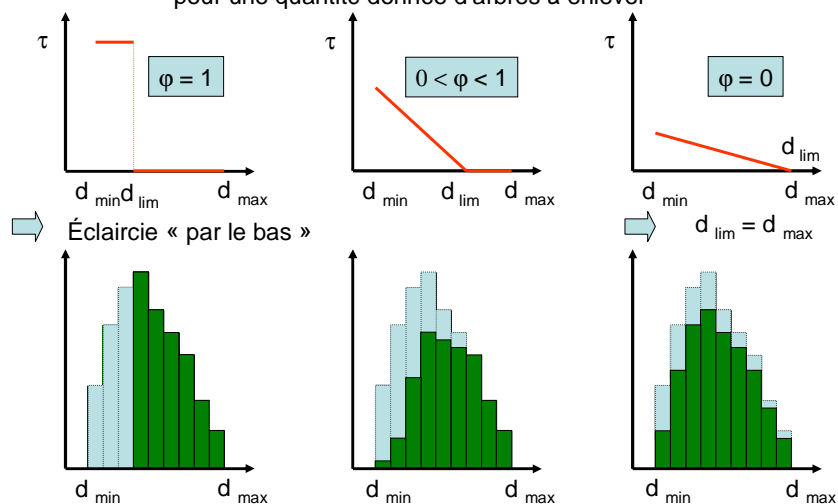
Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

9

Utilisation d'une règle paramétrique pour les éclaircies

Règle définie par un paramètre φ
pour une quantité donnée d'arbres à enlever



Éclaircie « par le bas »

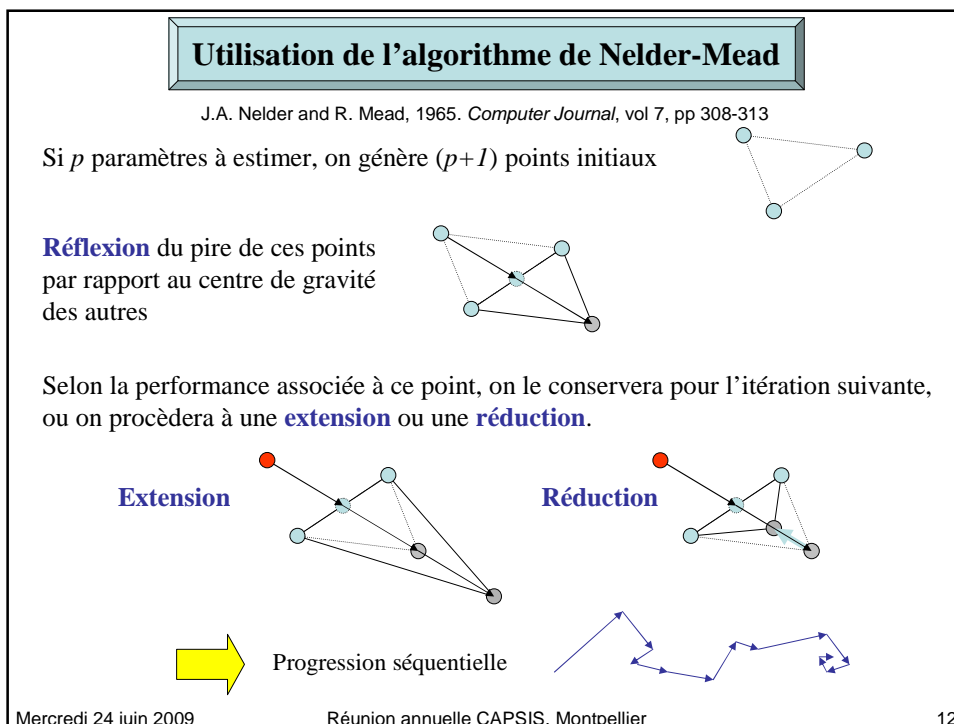
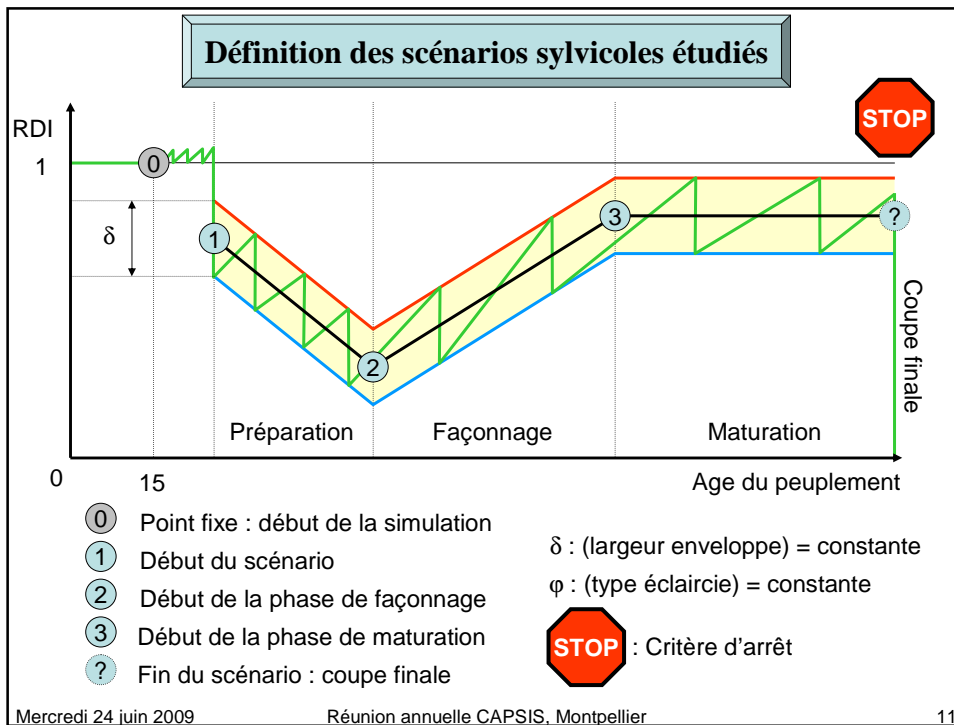


Dans tous les cas on coupe davantage les petits arbres que les gros

Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

10



Résultats obtenus

Problème étudié

- Rappel :**
- Critères étudiés :
 - Volume commercial annuellement récolté
 - Revenu annuel actualisé



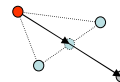
Ce sont des variables aléatoires en raison de la procédure d'éclaircie

- Famille de scénarios à 9 paramètres (critère d'arrêt basé sur diamètre moyen)

① ② ③ δ φ



- Méthode d'optimisation de Nelder-Mead

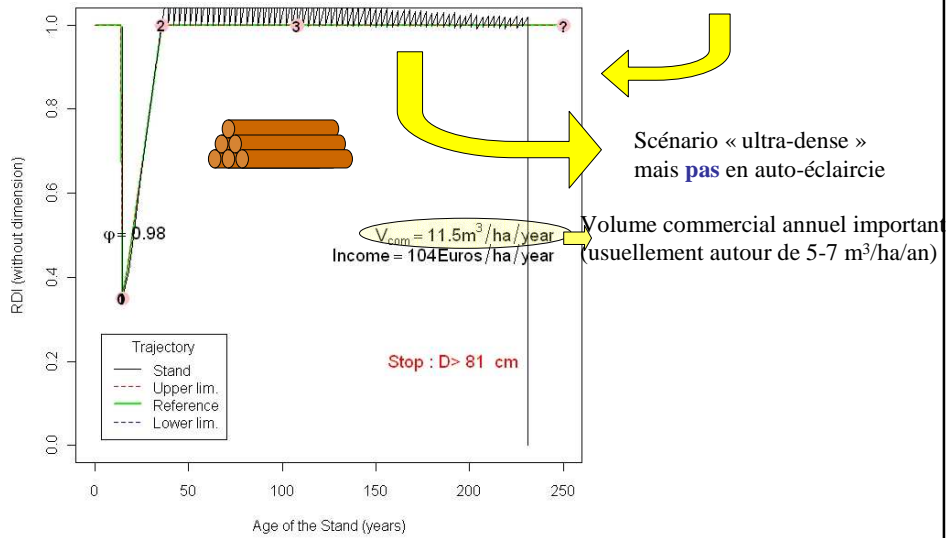


En pratique :

- Problème **reparamétré** pour tenir compte de l'intervalle des valeurs possibles pour les paramètres de scénario
- En raison de la nature aléatoire de la sortie d'un scénario, à chaque itération on procède à des **répétitions** du scénario et on travaille sur la valeur moyenne du critère
- **Répétitions** de la procédure avec points initiaux aléatoires.

Scénario optimal pour le volume commercial annuel

Optimal Scenario for Annual Commercial Volume *Après quelques nuits de simulations...*

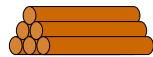


Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

15

Analyse de sensibilité pour le volume commercial annuel



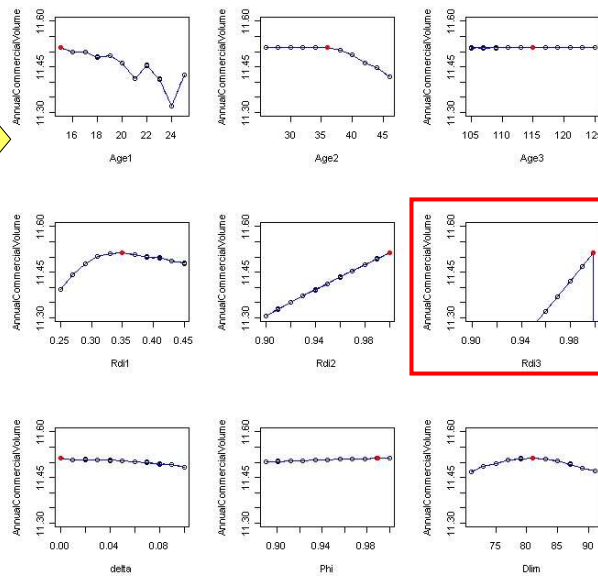
Effet des variations des paramètres autour du scénario optimal

(L'échelle verticale est la même pour tous les graphes)

Comprendre le scénario :

Exemple : Rd_3

Difficile sans connaissance fine du modèle



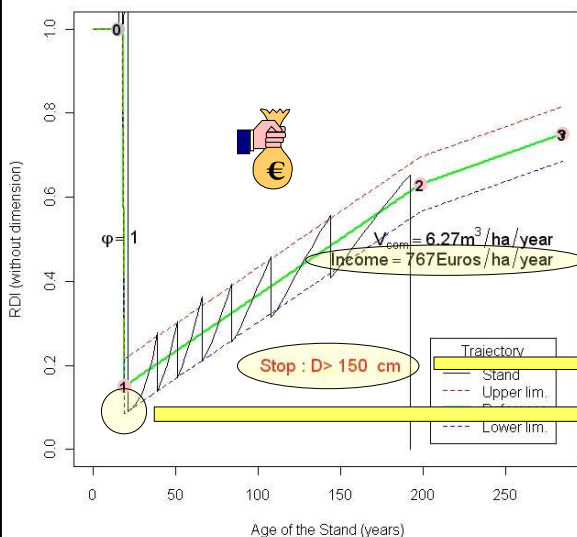
Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

16

Scénario optimal pour le revenu annuel actualisé

Optimal Scenario for Updated Annual Income



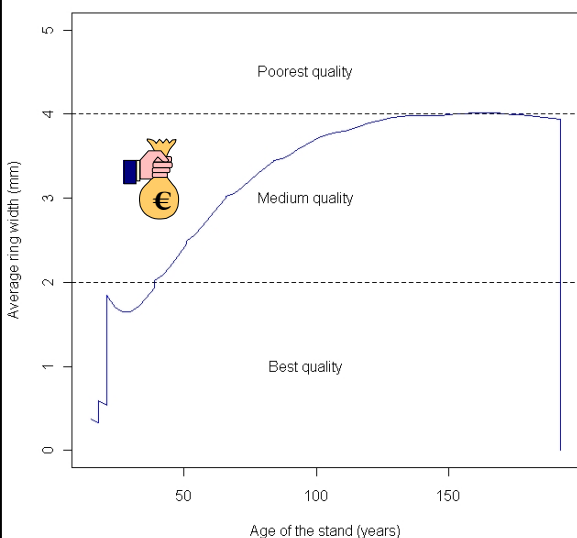
Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

17

Un élément de compréhension : la définition de la qualité

Evolution of the average ring width
in the optimal scenario for Updated Annual Income



Mercredi 24 juin 2009

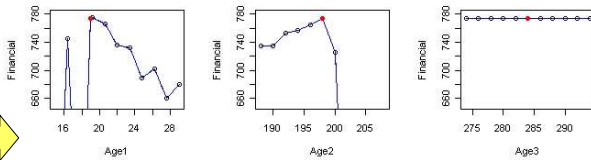
Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

18

Analyse de sensibilité pour le revenu annuel actualisé

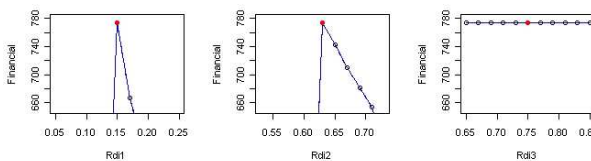


Effet des variations des paramètres autour du scénario optimal



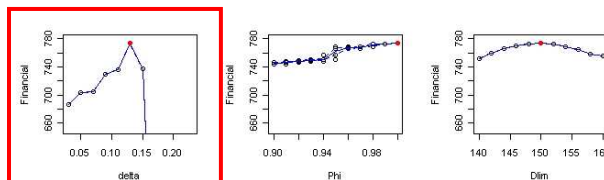
(L'échelle verticale est la même pour tous les graphes)

Comprendre le scénario :



Exemple : δ

Effet en interaction avec celui d'autres paramètres du scénario



Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

19

Bilan sur ces résultats d'optimisation

Dans les deux cas étudiés, l'optimisation a abouti à des scénarios pour le moins **surprenants**...

Cependant ces résultats sont **cohérents** avec les instructions données au programme

Pour les comprendre, il est nécessaire de procéder à une **analyse fine** des résultats des simulations, ainsi qu'à des analyses de sensibilité autour de la solution optimale

Il apparaît ainsi que ces solutions exploitent les **possibilités offertes** par le modèle et la famille de scénarios envisagés

Cela permet de mettre en lumière certaines **faiblesses de la modélisation** et de suggérer des **pistes d'amélioration**.

Mais au-delà, il est tout de même possible d'en tirer des **informations utiles** pour l'optimisation de sylviculture de peuplements réels.

Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

20

Conclusion et perspectives

Conclusions

Sur le modèle Fagacées

L'optimisation permet de révéler certaines faiblesses des modèles.

- Ici :
- *Mortalité naturelle dans les peuplements denses;*
 - *Lois de croissance pour des peuplements clairs;*
 - ...

Sur la démarche d'optimisation

Bien raisonner la conception du problème à résoudre

- *Construction de la fonction objectif;*
- *Construction de la famille des scénarios sylvicoles admissibles;*

Sur l'interprétation des résultats

Nécessité de bien connaître le modèle utilisé et les composantes du problème d'optimisation

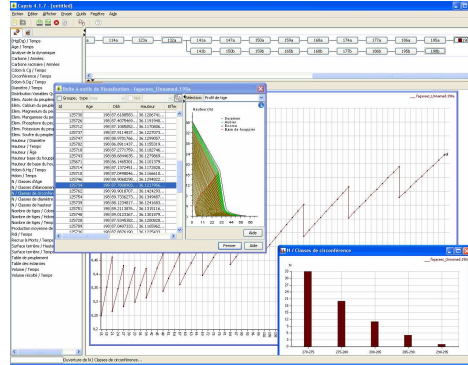
Prendre du recul pour dégager les interprétations forestières

Perspectives

Le travail présenté ici a été réalisé à partir d'une version « R » de Fagacées

Mais il en existe une version CAPSIS

- Version « officielle » de Fagacées
- Essentiellement programmée par Patrick Vallet (2002-2004)
- Actuellement maintenue par Frédéric Mothe
- Mais pas d'outils d'optimisation



Intégrer de tels outils sous Capsis

utilisables par d'autres modèles

En collaboration avec leurs auteurs, s'ils sont intéressés

(Conception de problèmes d'optimisation adaptés à ces modèles)

Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

23

Merci de votre attention

Mercredi 24 juin 2009

Réunion annuelle CAPSIS, Montpellier

24