

Sylveco, simulateur de croissance et outil d'aide à la décision

La gestion d'un peuplement de pin maritime implique un certain nombre de décisions qui vont déterminer l'âge d'exploitabilité, le volume et les caractéristiques des arbres exploités. Le logiciel Sylveco a été mis au point afin d'étudier l'importance des différents choix de gestion, de rechercher des scénarios sylvicoles innovants ou encore d'aider le gestionnaire dans ses prises de décision. Il est aujourd'hui utilisé dans de nombreux projets pour lesquels il s'avère nécessaire de disposer de caractéristiques dendrométriques ou économiques de différents itinéraires sylvicoles du pin maritime.

Pour contacter les auteurs :

Sébastien Cavaignac
sebastien.cavaignac@fcba.fr

Guillaume Chantre
guillaume.chantre@fcba.fr

FCBA
Station Sud-Ouest
Domaine de Sivaillan-les-Lamberts
33480 Moulis-en-Médoc
Tél. : 05 57 88 82 33
Fax : 05 57 88 82 34

Francis de Morogues
francis.de.morogues@fcba.fr

FCBA
Station Sud-Est
Domaine universitaire
BP 251
38004 Grenoble cedex 9
Tél. : 04 76 15 40 70
Fax : 04 76 15 40 98

La gestion d'un peuplement de pin maritime implique un certain nombre de décisions dont les conséquences vont déterminer l'âge d'exploitabilité, le volume et les caractéristiques des arbres exploités. Le logiciel Sylveco a été créé afin d'étudier l'importance des différents choix de gestion, de rechercher des scénarios sylvicoles innovants ou encore d'aider le gestionnaire dans ses prises de décision. Les enjeux de cet outil sont donc les suivants :

- **simuler la croissance d'un peuplement** dont on fournit les caractéristiques de départ et l'itinéraire sylvicole, établir la table de production et calculer les critères économiques habituels ;
- **déterminer la valeur d'attente d'un peuplement** pour les besoins d'expertise ;
- **pouvoir prendre en compte l'impact d'un risque majeur** (incendie, tempête...) dans le calcul de critères économiques. Une analyse préalable des risques majeurs survenus au cours des dernières décennies devrait fournir une estimation de leur probabilité d'occurrence.

Sylveco intègre les travaux de modélisation de la croissance de pin maritime réalisés au cours des dernières années à FCBA et les associe à des calculs économiques dans un outil interactif. Un module d'estimation des différents critères économiques dans un contexte de risque a également été développé.

Fonctionnement

Le module de croissance est basé sur le modèle de croissance développé à FCBA pour les peuplements en ligniculture de pin maritime. Ce modèle comprend :

- une relation hauteur dominante-âge,
- une relation entre hauteur dominante et hauteur moyenne,
- une relation pour la prédiction de l'accroissement en circonférence,
- une relation pour estimer la mortalité moyenne annuelle,
- un tarif de cubage pour le calcul du volume bois fort avec deux paramètres en entrée : la circonférence et la hauteur moyennes du peuplement.

Tous ces sous-modèles ont été établis à partir des mesures régulières réalisées dans des dispositifs expérimentaux couvrant une large gamme de conditions de croissance : conditions de milieu (type de lande), mode de reboisement (semis en ligne, plantation), niveaux de concurrence (densités initiales, fréquence et intensité des éclaircies).

La mortalité évoquée ici est celle constatée dans les dispositifs expérimentaux sur des périodes dépourvues de phénomènes climatiques majeurs du genre tempête. Elle est principalement due à la concurrence au sein du peuplement.

Ces modèles fonctionnent en interaction comme l'expose la **figure 1**.

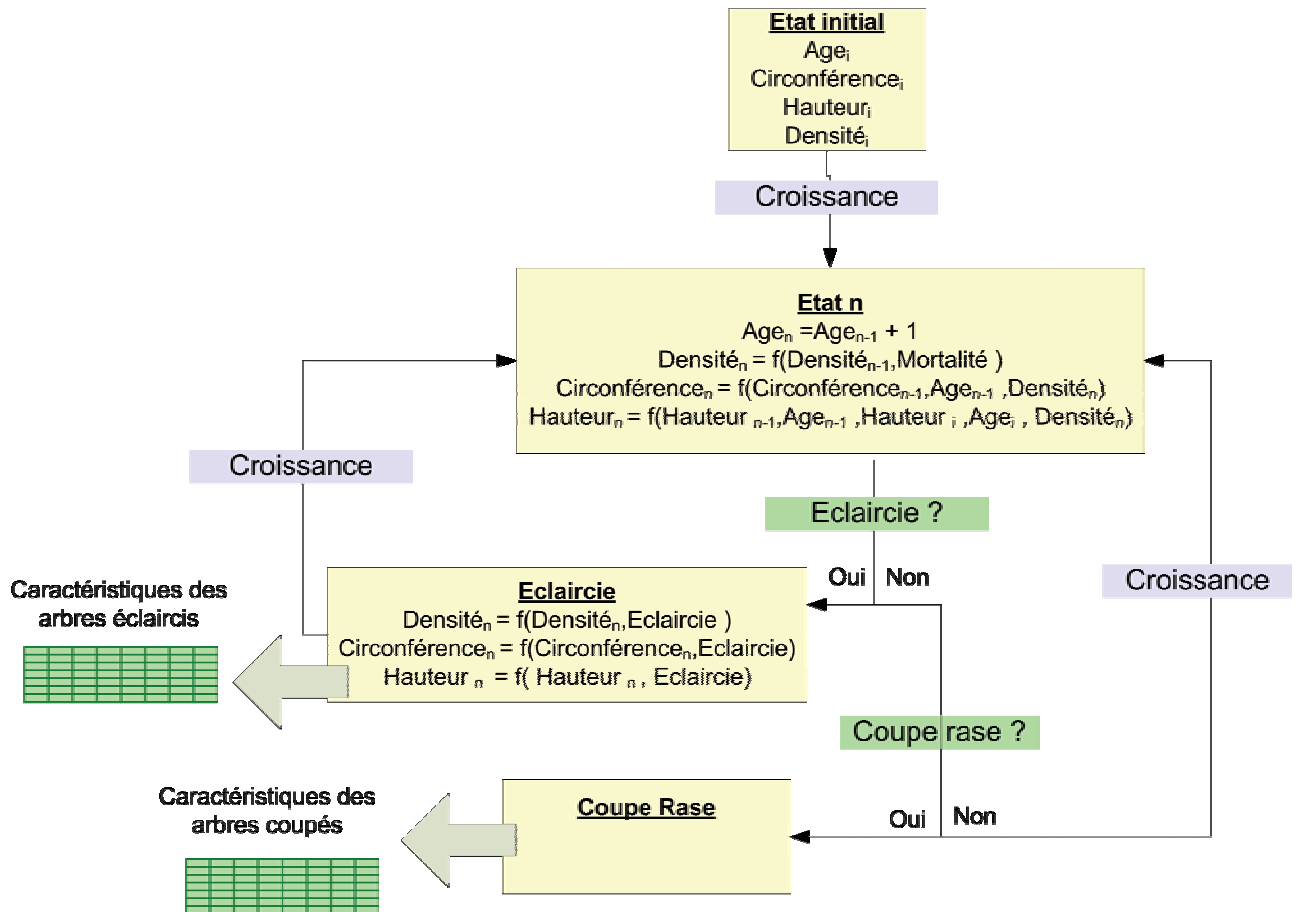


Figure 1 : Principe de fonctionnement du modèle de croissance

A partir d'un état initial, le simulateur calcule, via le modèle de mortalité, quelle est la densité du peuplement à l'itération suivante. Cette information est utilisée d'une part par le modèle de croissance en circonférence et, d'autre part, par le modèle de croissance en hauteur qui sont indépendants l'un de l'autre. Le modèle de croissance en circonférence simule l'augmentation de surface terrière en fonction de la densité, de la croissance passée et de l'âge du peuplement. Le modèle de croissance en hauteur calcule la hauteur du peuplement à partir de la densité et de la hauteur du peuplement. Trois courbes de fertilité sont proposées dans les situations pour lesquelles la hauteur initiale ne serait pas connue.

Suite au calcul du nouvel état du peuplement, si ce dernier a atteint les critères d'éclaircie, cette dernière est simulée et les nouvelles caractéristiques du peuplement sont calculées avant la simulation de croissance suivante. Si le critère de déclenchement de coupe rase est atteint, alors la coupe est simulée. Enfin, si aucun de ces critères n'est vérifié, le simulateur passe à l'itération suivante.

Paramètres

L'utilisateur précise l'état initial du peuplement : nombre de tiges à l'hectare (densité), âge et dimensions (hauteur et circonférence). Le couple âge-hauteur permet d'estimer la fertilité de la parcelle.

L'utilisateur précise également l'itinéraire sylvicole qu'il souhaite appliquer **(figure 2)**. Pour définir un itinéraire, il faut sélectionner un des deux critères de déclenchement des éclaircies et de la coupe rase (âge ou circonférence moyenne), renseigner les valeurs de déclenchement, les taux de prélèvement en éclaircie (en pourcentage du nombre de tiges) et le mode de prélèvement symbolisé par le coefficient K_e (rapport entre la section moyenne des tiges éclaircies et la section moyenne des tiges avant éclaircie).

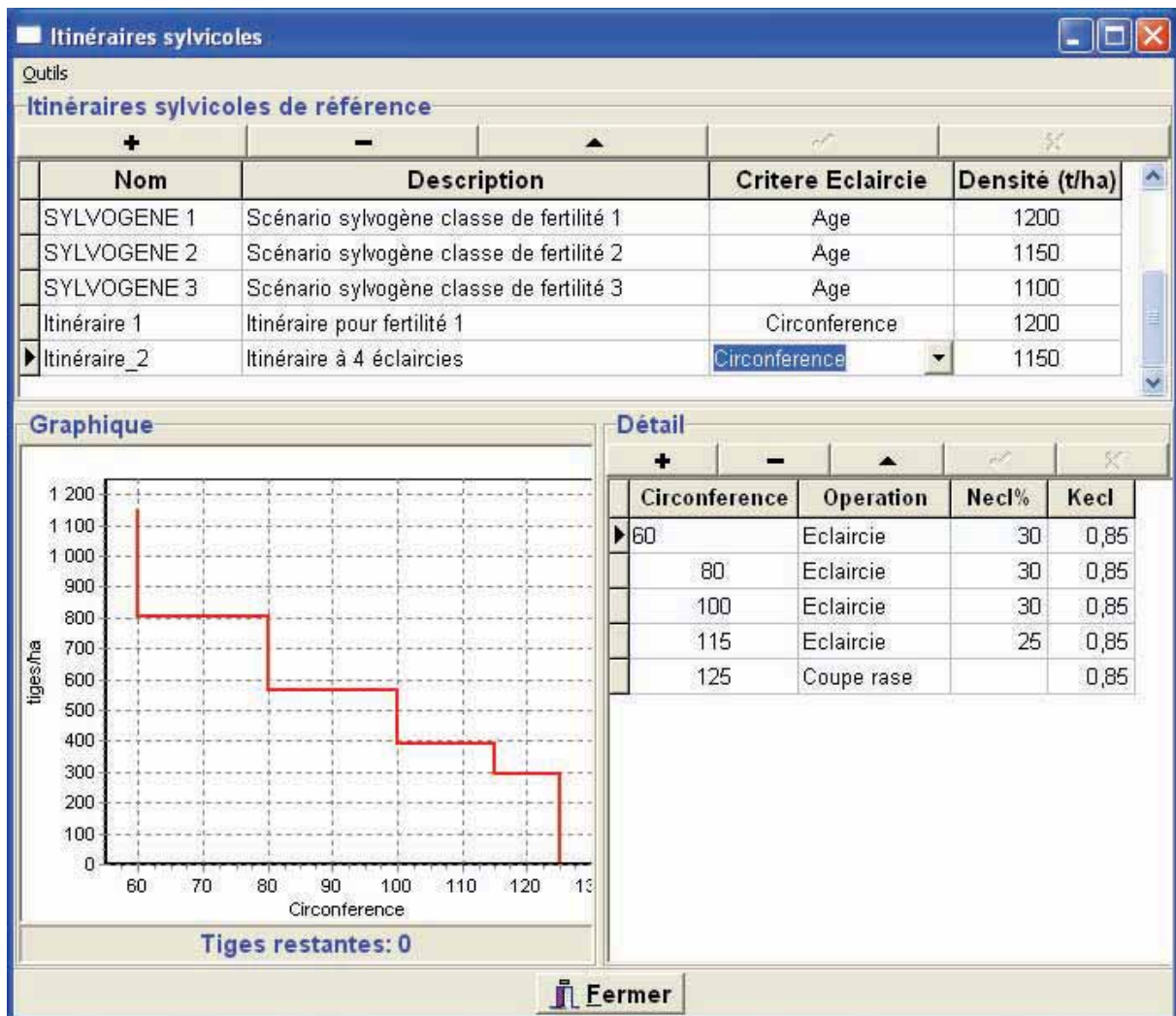


Figure 2 : Définition de l'itinéraire sylvicole

Sorties

- **Sorties dendrométriques**

Le tarif de cubage intégré au logiciel calcule les volumes bois fort (volume de la tige arrêté à la découpe 7 cm de diamètre) aux différents stades de la vie du peuplement. Or dans les pratiques commerciales en Aquitaine, le volume faisant l'objet de la transaction est le plus souvent déterminé à l'aide du barème de

Lapasse qui utilise, en tant que paramètres, la classe de circonférence à 1,30 m et la hauteur jusqu'à la découpe 30 ou 50 cm de circonférence.

On sait, d'autre part, qu'il existe un écart non négligeable entre le volume bois fort d'un pin et celui des billons façonnés à partir de ce même pin. Par conséquent, ce n'est pas le volume bois fort qui est valorisé à la coupe rase ou aux coupes d'éclaircie, mais un volume commercial dérivé du volume bois fort grâce à une grille de correspondance entre les deux volumes. Chaque utilisateur peut définir et utiliser sa propre grille de passage du volume bois fort au volume commercial.

Il est à noter que le volume valorisé à chaque coupe tient compte du taux de boisement associé à la parcelle.

La **figure 3** présente l'ensemble des sorties dendrométriques disponibles. A chaque étape d'exploitation, l'utilisateur retrouve ainsi le nombre de tiges à l'hectare (N), la circonférence (C), le volume unitaire (Vu), le volume à l'hectare (V/ha), le volume unitaire commercial (Vuc) et le volume commercial à l'hectare (Vc/ha).

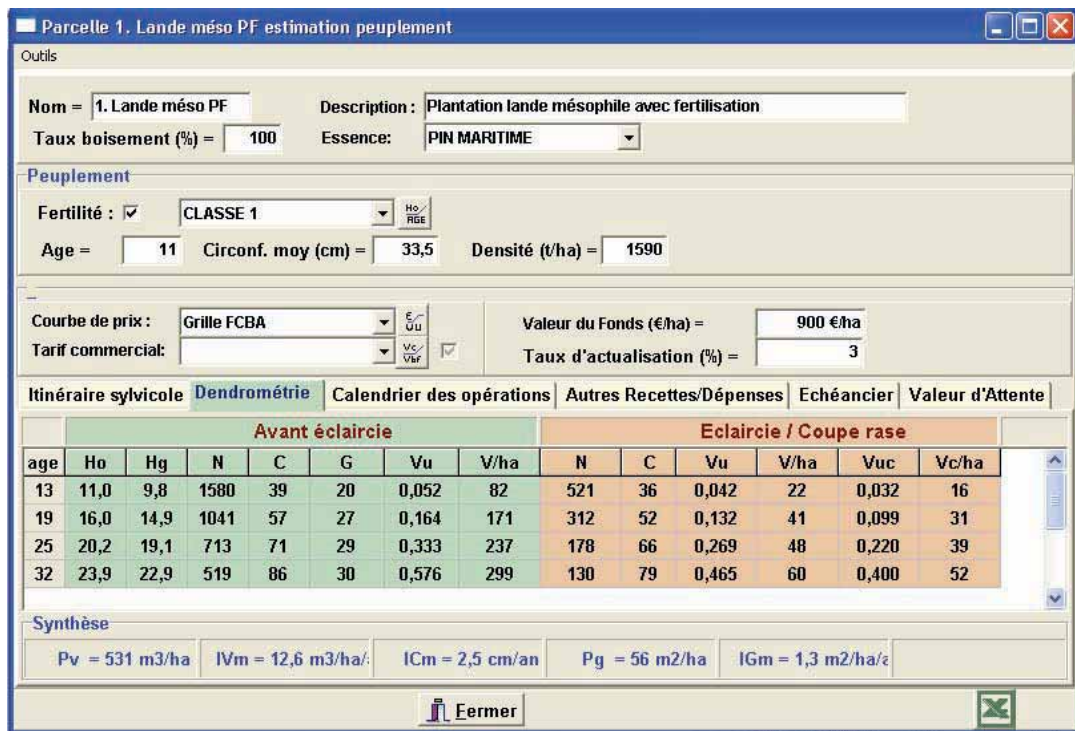


Figure 3 : Présentation des sorties dendrométriques

- **Économie**

Afin de pouvoir calculer les différents indicateurs économiques, l'utilisateur doit définir deux courbes de prix : le prix unitaire de vente sur pied en fonction du volume unitaire moyen commercial pour les éclaircies et celui pour les coupes rases. L'utilisateur doit également renseigner les recettes non liées à la vente de bois et les dépenses intervenant tout au long de la vie du peuplement. Il peut s'agir de recettes ou dépenses fixes ou bien liées à une opération précise.

Recettes et dépenses sont regroupées dans un tableau intitulé « Echancier ». On y trouve, pour chaque année, le montant des dépenses, celui des recettes, le total des recettes moins les dépenses et enfin, ce total actualisé à l'année zéro.

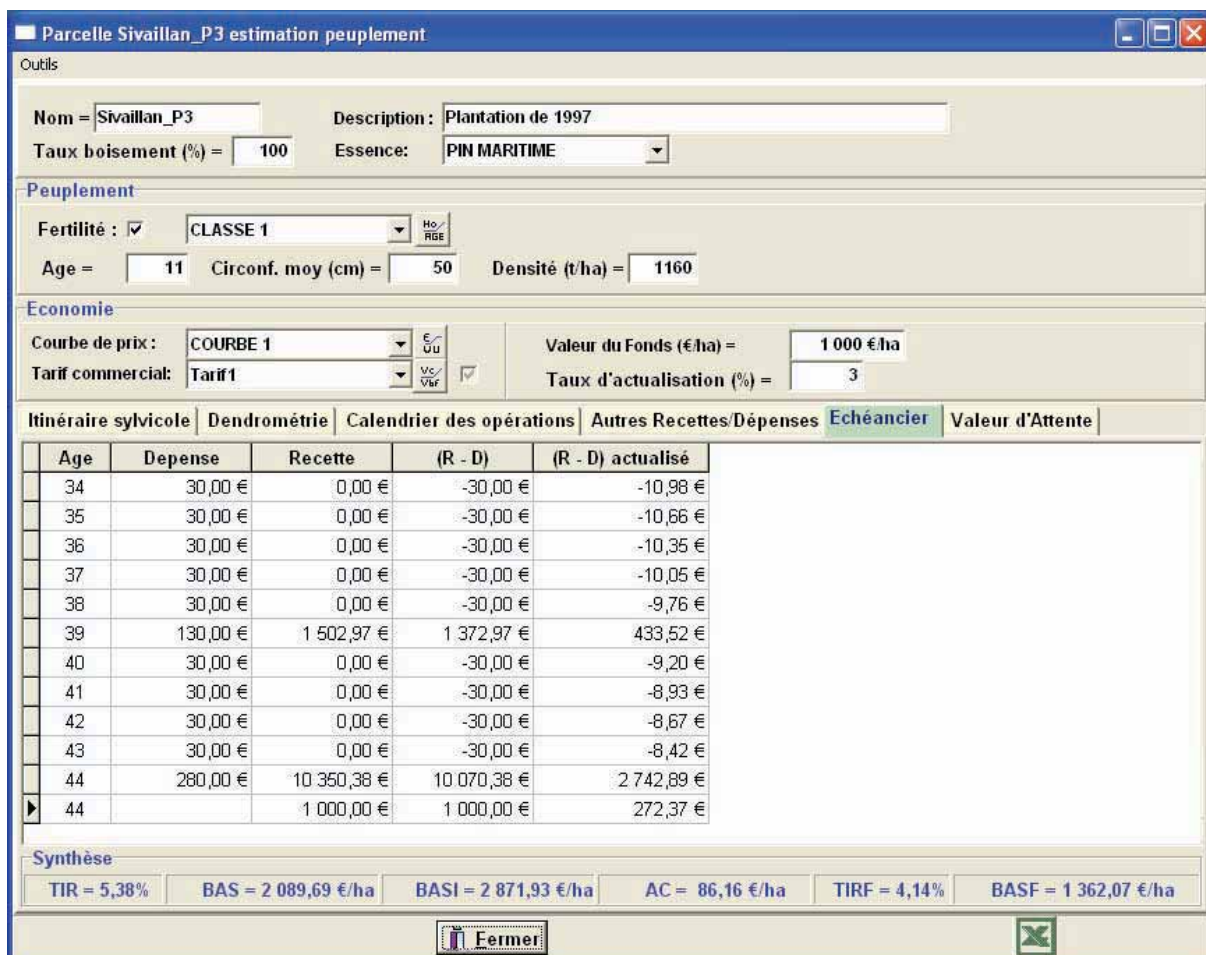


Figure 4 : Présentation de l'échéancier et des sorties économiques

Quatre critères économiques sont systématiquement calculés et deux autres quand il y a une valeur du fonds :

- Le Bénéfice Actualisé Simple (**BAS**),
- Lorsque la valeur du fonds est supérieure à zéro, on calcule le Bénéfice Actualisé Simple avec Fonds (**BASF**), la valeur du fonds étant considérée comme une dépense l'année 0 et comme recette l'année de la coupe rase.
- Le Taux Interne de Rentabilité (**TIR**) : c'est le taux d'actualisation qui annule le BAS. Quand il y a une valeur de fonds, on a un Taux Interne de Rentabilité avec Fonds (**TIRF**), le taux qui annule le BASF.

- Le Bénéfice Actualisé de la Séquence Infinie (**BASIo**) : c'est le bénéfice actualisé à l'année 0 de la même révolution répétée à l'infini. Il ne tient pas compte de la valeur du fonds et se calcule à partir du BAS.
- L'Annuité Constante équivalents (**AC** ou ACE) : c'est le produit du BASIo par le taux d'actualisation.

Sylveco calcule également la valeur d'attente. La valeur d'attente à l'année j correspond à l'estimation de la valeur d'un peuplement calculée comme la somme des dépenses et recettes de l'année j jusqu'à l'année n (année de la coupe rase), les montants étant actualisés à l'année j avec le taux interne de rentabilité.

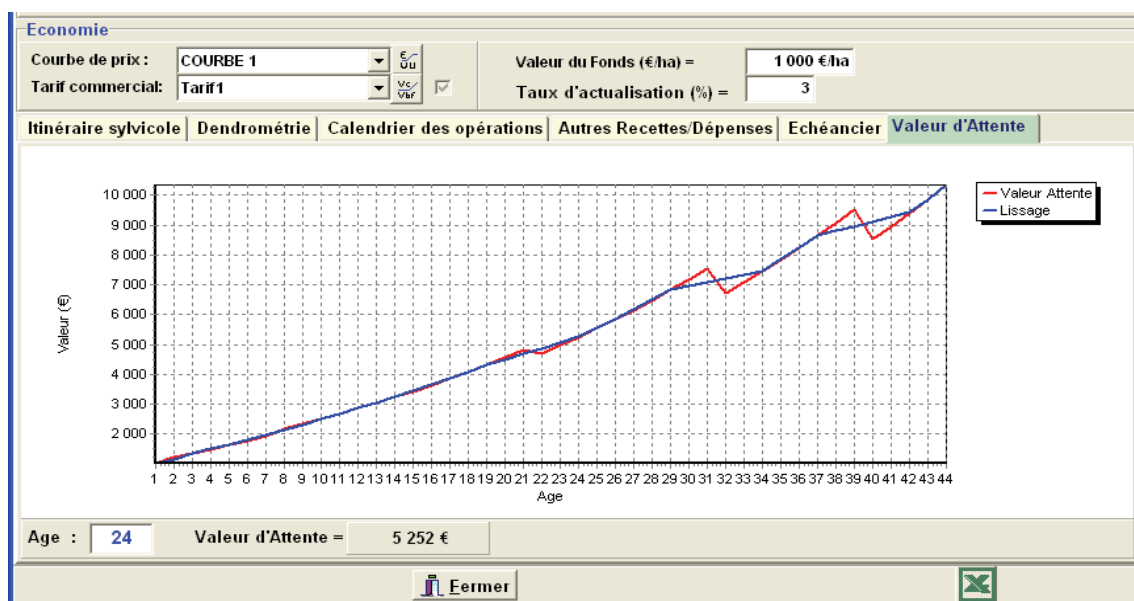


Figure 5 : Présentation de la valeur d'attente

Une option du logiciel permet de comparer les valeurs d'attente de deux itinéraires sylvicoles pour un même peuplement, par exemple un itinéraire avec une coupe rase à maturité et un itinéraire avec une coupe rase anticipée (**Figure 6**). Les deux itinéraires sont dans les deux cas de figure suivis du même reboisement. Cette comparaison des résultats économiques est particulièrement

utile pour des peuplements nettoyés après tempête et qui se retrouvent avec peu de tiges à l'hectare par rapport à l'ordinaire.

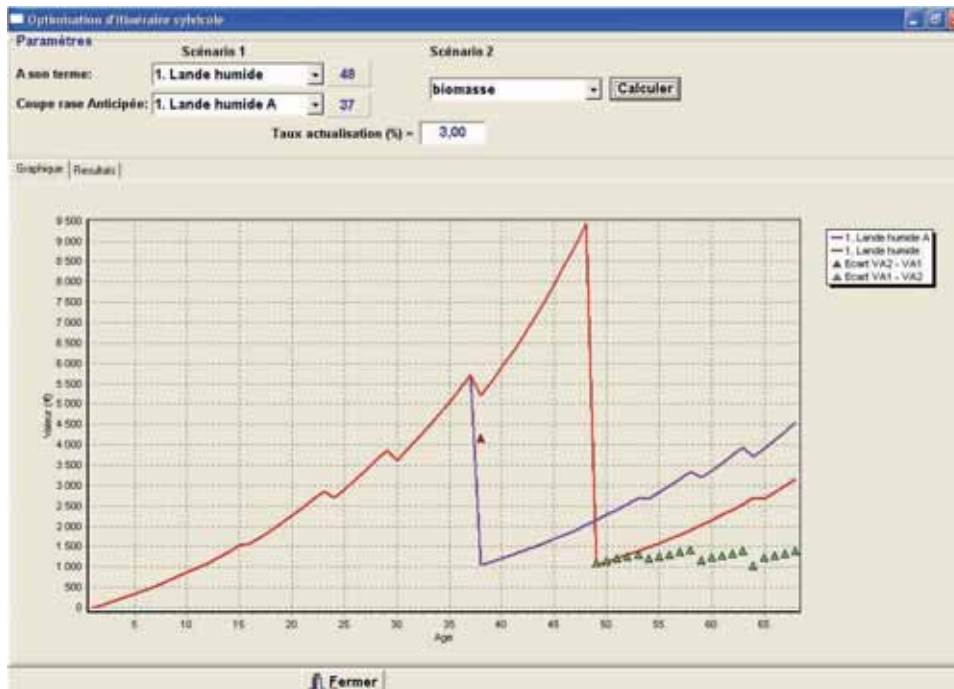


Figure 6 : Comparaison de la valeur d'attente de deux itinéraires techniques

Prise en compte du risque majeur

Entre l'année d'installation et celle de la coupe rase, un peuplement peut subir des aléas de différentes natures. Certains ne compromettent pas l'avenir du peuplement et ont pour seule conséquence une baisse de la production. A l'inverse, les aléas majeurs du genre incendie, attaque sanitaire massive ou tempête peuvent compromettre l'avenir et, dans ce cas, le propriétaire est amené à couper prématurément le peuplement détruit.

Avec le modèle de mortalité moyenne annuelle, on considère que l'on prend en compte les aléas mineurs. Pour les risques majeurs, on a recherché des méthodologies pour estimer leurs impacts sur certains des critères économiques présentés plus haut.

Le modèle développé dans le logiciel est basé sur trois paramètres :

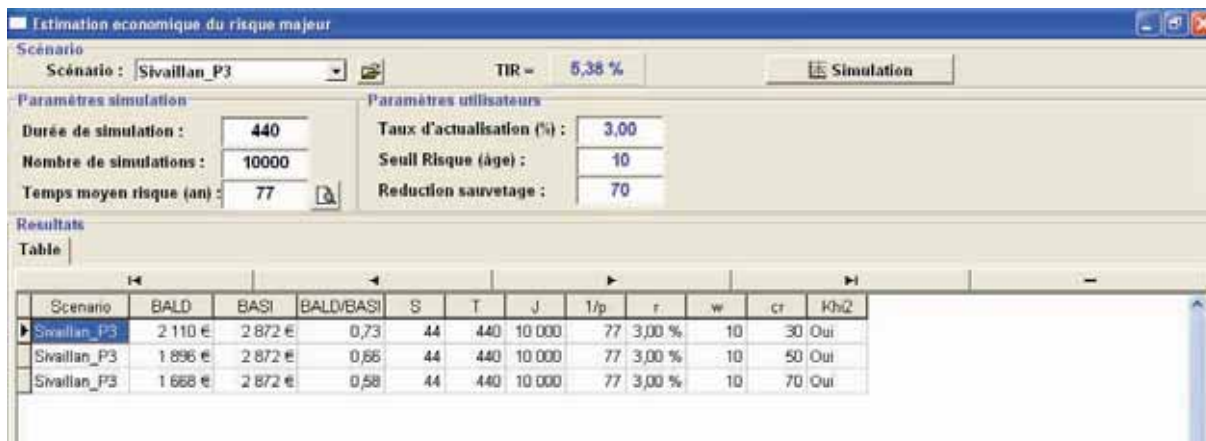
- un âge seuil en dessous duquel on considère que l'apparition d'un risque majeur ne compromet pas l'avenir du peuplement,
- une valeur de sauvetage et plus précisément la décote sur le prix de vente des bois par rapport au prix unitaire habituel,
- une loi pour la probabilité d'occurrence d'un aléa au bout d'un intervalle de temps.

Les simulations réalisées dans un contexte de risque permettent de redéfinir un certain nombre de critères économiques.

- **Bénéfice actualisé sur une longue durée avec risque**

En raisonnant sur une longue période de temps (le même reboisement répété plusieurs fois) et en considérant une probabilité non nulle d'occurrence de risque majeur, il y aura une ou plusieurs révolutions impactées par un incident majeur, donc écourtées et avec un bénéfice actualisé simple plus faible que celui d'une révolution qui arrive à son terme. Le bénéfice actualisé à l'année 0 d'une telle séquence est inférieur au BASIo qui est calculé sans prise en compte du risque.

La méthode de Monte-Carlo, utilisée dans le logiciel, consiste à simuler un grand nombre de séquences, chaque séquence étant constituée d'une dizaine de révolutions. Le Bénéfice Actualisé sur une Longue Durée avec risque (**BALD**) est la moyenne des bénéfices actualisés des différentes séquences.



Scenario	BALD	BASI	BALD/BASI	S	T	J	1/p	r	w	cf	Ich2
Sivaillan_P3	2 110 €	2 872 €	0,73	44	440	10 000	77	3,00 %	10	30	Out
Sivaillan_P3	1 896 €	2 872 €	0,66	44	440	10 000	77	3,00 %	10	50	Out
Sivaillan_P3	1 668 €	2 872 €	0,58	44	440	10 000	77	3,00 %	10	70	Out

Figure 7 : Exemple de calcul de critères économiques dans un contexte de risque

Dans la mesure où ce BALD est calculé sur une durée assez longue (440 ans dans l'exemple de la **figure 7**), il est possible de comparer deux itinéraires sylvicoles différents de part la durée de révolution en termes de rentabilité et de sensibilité au risque avec la table de décision ci-dessous.

Par rapport au scénario k, le scénario i est :	BALDi > BALDk	BALDi < BALDk
$(BALDi / BASIo_i) > (BALDk / BASIo_k)$	Plus rentable Moins risqué	Moins rentable Moins risqué
$(BALDi / BASIo_i) < (BALDk / BASIo_k)$	Plus rentable Plus risqué	Moins rentable Plus risqué

- **Valeur d'attente avec risque**

On a vu précédemment que la valeur d'attente peut être calculée par récurrence en partant de l'année de la coupe rase, et en supposant qu'il n'y avait aucune

incertitude sur l'avenir du peuplement pour passer d'une année à la suivante. En considérant qu'il y a une probabilité non nulle que le peuplement soit détruit au cours de l'année à venir, la valeur d'attente future devient incertaine et les formules précédentes ne sont plus utilisables telles quelles.

Pour l'année de la coupe rase, on considère que la révolution est arrivée à son terme et que le peuplement n'a subi aucun préjudice : la valeur d'attente avec risque est égale à la valeur d'attente sans risque. Un an avant la coupe rase, il y a deux possibilités :

- le peuplement subit un risque majeur : il est vendu à la valeur de sauvetage,
- rien ne se passe pendant un an : la valeur finale est atteinte.

L'espérance de la future valeur d'attente est la moyenne des deux valeurs pondérées par leur probabilité. Moyennant le remplacement des valeurs d'attente futures, on peut calculer la valeur d'attente avec risque par récurrence.

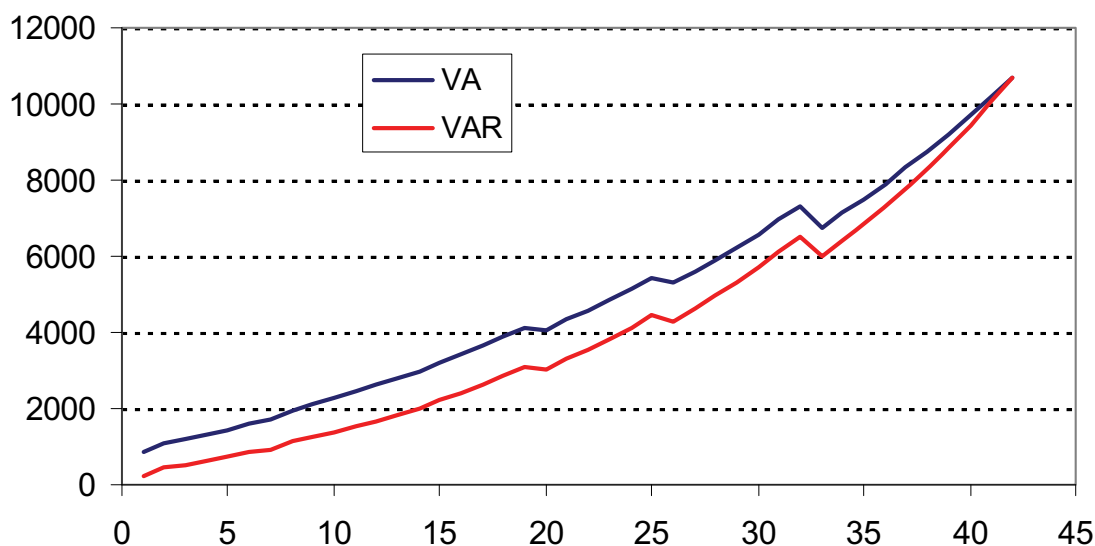


Figure 8 : Exemple de résultat issu du calcul de la valeur d'attente avec risque (VAR) et de la valeur d'attente sans prise en compte du risque (VA)

Un modèle utilisable par tous

Les nombreuses mesures réalisées dans le cadre du suivi des parcelles expérimentales ont permis de mettre au point un modèle de croissance du pin maritime qui est principalement composé d'un modèle de croissance en hauteur et d'un modèle de croissance en circonférence. Afin de rendre utilisable ce modèle à l'ensemble de la profession, il a été intégré dans un logiciel, Sylveco, qui permet de compléter les sorties dendrométriques par des sorties économiques. Un module lié à la prise en considération du risque a également été développé.

Suite à cette phase de conception, Sylveco est à présent utilisé dans de nombreux projets pour lesquels il s'avère nécessaire de disposer de caractéristiques dendrométriques ou économiques de différents itinéraires sylvicoles du pin maritime.

Bibliographie

G. Chantre *et al.*, Rapport final du projet Sylvogene, 235 p., 2009