

# CHOISIR UN SCÉNARIO SYLVICOLE POUR LES MÉLÈZES

DOMINIQUE PAUWELS

PHILIPPE LEJEUNE

JACQUES RONDEUX

Unité de Gestion et Économie forestières,  
Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux

*Le choix du traitement sylvicole à appliquer à un peuplement forestier est une démarche qui peut s'avérer très complexe si l'on tient compte des délais entre la plantation et la récolte du peuplement final, de l'évolution des filières de transformation, ou encore de la multiplicité des objectifs que peut poursuivre le gestionnaire forestier.*

La mise au point de modèles permettant de décrire la dynamique des peuplements constitue depuis longtemps une préoccupation des chercheurs. Elle prend la forme de tables de production<sup>1</sup> ou de modèles de croissance pour les peuplements réguliers<sup>2</sup> ou irréguliers<sup>3</sup>.

Si ces outils permettent de prédire l'évolution de peuplements soumis à différents scénarios sylvicoles, ils ne sont pas conçus

pour aider le forestier à choisir parmi les scénarios proposés.

Idéalement, ces outils prédictifs doivent donc comporter une procédure permettant la comparaison des différents scénarios sylvicoles construits, en intégrant un ensemble de critères d'appréciation et en identifiant les objectifs recherchés par le gestionnaire.

Un logiciel d'aide à la décision baptisé « MGC\_Larch » (*Make good choice for larch, faire le bon choix pour le mélèze*) a été développé.

Il permet d'une part, de simuler l'évolution d'une plantation de mélèze en fonction de scénarios sylvicoles et, d'autre part, d'évaluer et de comparer les scénarios sylvicoles construits.

L'objectif de cet article est de décrire les principales composantes de ce logiciel et de présenter un exemple de son utilisation.

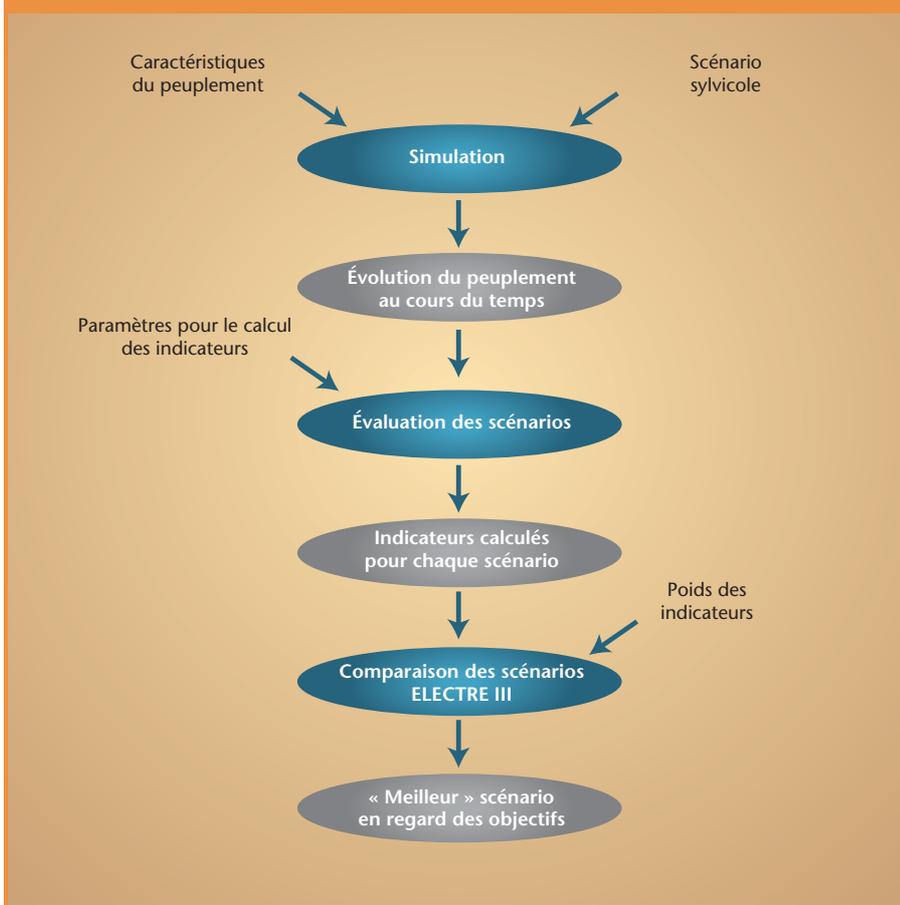
## FONCTIONNEMENT

### DU LOGICIEL « MGC\_LARCH »

Le logiciel « MGC\_Larch » se présente à l'utilisateur sous une interface conviviale permettant une manipulation aisée par des non-spécialistes de l'informatique. Il est constitué de trois modules principaux consacrés respectivement à la simulation, à l'évaluation et à la comparaison des scénarios (figure 1).



**FIGURE 1 – ORGANISATION DU LOGICIEL « MGC\_LARCH »**



### Module de simulation

Le module de simulation permet de décrire l'évolution d'un peuplement au cours du temps à partir des caractéristiques de l'état initial (densité de plantation, taux de reprise, âge du peuplement et éventuellement paramètres dendrométriques tels que hauteur dominante, surface terrière et nombre de tiges).

L'évolution du peuplement est gérée à l'aide d'un ensemble de modèles de croissance construits spécifiquement pour les mélèzes en Région wallonne. Ces modèles décrivent la croissance en hauteur dominante du peuplement, ainsi que la croissance individuelle en grosseur des arbres. Cette dernière est exprimée par une équation faisant intervenir notamment la surface terrière du peuplement et la grosseur de l'arbre, ce qui permet de rendre compte de l'impact des différents schémas d'éclaircie.

L'utilisateur peut fixer les interventions à effectuer selon différentes modalités définies soit par le type et l'intensité des éclaircies, soit par la surface terrière restant après l'éclaircie, soit par l'accroissement moyen en circonférence des ar-

bres dominants. Une interface graphique permet également de désigner les arbres à marteler en se référant à une représentation cartographique d'une portion de peuplement.

Un tableau, qui s'apparente à une table de production, synthétise l'évolution des caractéristiques du peuplement au cours du temps.

### Module d'évaluation des scénarios

L'évaluation des scénarios sylvicoles est opérée en considérant une série d'indicateurs capables de traduire le degré d'accomplissement des différents objectifs susceptibles d'intéresser le gestionnaire du peuplement.

Une série de neuf indicateurs correspondant à six objectifs principaux (tableau 1) sont ainsi calculés pour chaque scénario sylvicole et stockés en mémoire de l'ordinateur. Ils seront utilisés lors de la phase de comparaison.

L'indicateur de production rend compte de la quantité de bois produite sans en considérer la qualité. Il pourrait traduire la recherche d'une production maxima-

le de biomasse (valorisation énergétique, trituration, puits de carbone). L'indicateur correspond à l'accroissement annuel moyen en volume.

L'indicateur financier s'exprime par la valeur du fonds qui correspond au bénéfice actualisé à l'année zéro de la séquence infinie. Il tient compte des recettes et des dépenses effectuées au cours de la révolution. Son calcul nécessite la fixation d'un taux d'actualisation qui est défini par l'utilisateur dans une gamme variant de 1 à 5 %. Sa valeur par défaut est de 3 %. L'indicateur peut présenter une valeur négative si le taux interne de rentabilité du peuplement est inférieur au taux d'actualisation choisi.

L'indicateur technico-économique permet de caractériser un scénario sylvicole au plan de la valeur marchande des produits susceptibles d'être extraits des arbres récoltés dans le peuplement. Il consiste à optimiser les découpes des arbres (figure 2). Cette optimisation recherche la séquence des billons qui maximise la valeur des arbres exploités (exprimée en €) en se basant sur une liste de prix fixés pour chaque série de produits (tranchage, sciage, trituration...). Ceux-ci sont définis par leurs dimensions (grosseur minimale fin bout et maximale gros bout, longueur minimale, défilement maximum) et leur qualité (présence/absence de nœuds).

L'indicateur de stabilité du peuplement correspond à la proportion de temps (%) durant lequel le peuplement peut être considéré comme stable en regard du calcul de son indice de stabilité<sup>4</sup>. Celui-ci permet de tenir compte à la fois des dimensions de l'arbre et de l'état de massif (effet bloc). Cet indicateur considère la hauteur dominante et la grosseur moyenne du peuplement ainsi que le poids des éclaircies.

Les indicateurs écologiques sont au nombre de deux. Le premier rend compte de la diversité potentielle des espèces végétales qui pourraient être présentes sous le couvert, le second exprime leur recouvrement. Ces deux indicateurs sont basés sur l'estimation de l'irradiance relative sous le couvert arboré. Celle-ci correspond au rapport entre l'éclairement au sol sous couvert forestier et l'éclairement mesuré en plein découvert. L'estimation de l'irradiance

est réalisée par l'intermédiaire d'un modèle prédictif utilisant comme variables explicatives la surface terrière et l'âge du peuplement<sup>5</sup>.

- ◆ L'indicateur de la biodiversité correspond, sur une révolution, à la proportion du temps (%) durant lequel l'irradiance relative est comprise entre deux valeurs seuils jugées optimales pour le développement d'un maximum d'espèces différentes. Ces valeurs sont fixées à 12 et 18 % suite à l'étude, en France et en Belgique, de la composition végétale de placettes de mélèze de densités différentes installées sur un même site<sup>6</sup>.
- ◆ L'indicateur de la bioquantité (biomasse végétale) correspond au recouvrement (%) des espèces sous le couvert qui représente la moyenne, sur l'ensemble de la révolution, des recouvrements estimés à partir de l'irradiance<sup>6</sup>.

Le recouvrement varie de 0, pour les sols nus, à 300 %. Il peut être supérieur à 100 % car les recouvrements des différentes strates (muscinale, herbacée et arbustive) sont additionnés.

Les trois *indicateurs de qualité du bois* sont : la proportion de bois adulte, la variation de la largeur des cernes et le module d'élasticité. La rectitude du fût ainsi que la nodosité n'ont pas été prises en considération car aucune relation ne nous permet, dans l'état actuel de nos connaissances, d'estimer l'impact du traitement sylvicole sur ces caractéristiques d'autant plus que l'influence de la qualité génétique est loin d'être négligeable.

- ◆ La proportion de bois adulte (%) est définie comme étant la proportion de duramen, estimée à partir des caractéristiques de l'arbre<sup>7</sup>, de laquelle est soustraite la proportion

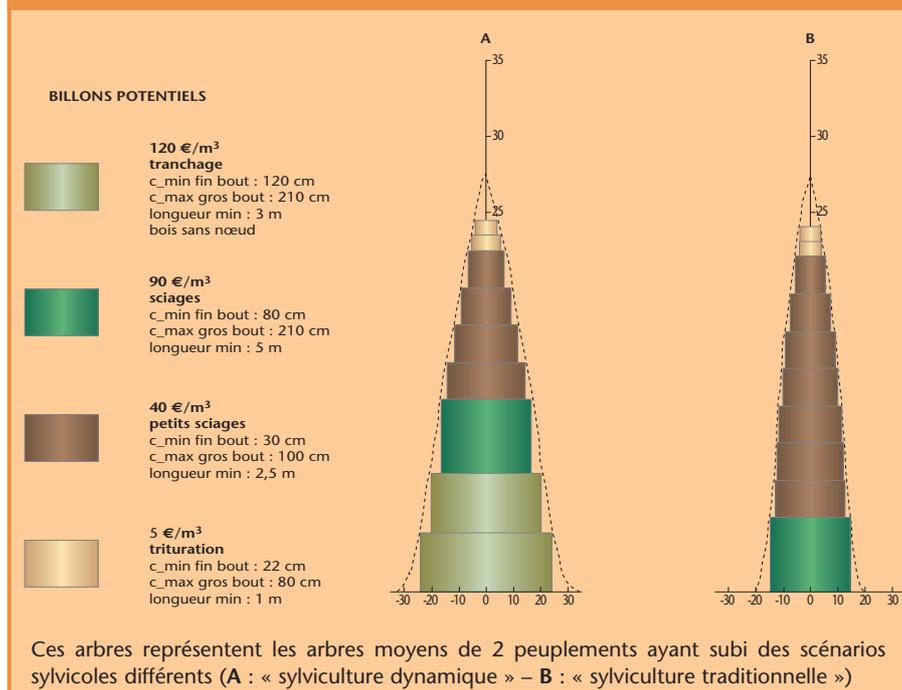
de bois juvénile, correspondant aux 15 cernes les plus proches de la moelle. Elle est calculée pour l'arbre moyen du peuplement final.

- ◆ La variation de la largeur des cernes (%) est définie, pour l'arbre moyen du peuplement final, comme étant le rapport entre l'écart-type et la moyenne pondérée des largeurs de cernes. La pondération est basée sur la surface occupée par le cerne considéré et donne une importance croissante aux cernes extérieurs. Contrairement aux autres indicateurs, celui-ci est à minimiser puisqu'on recherche des bois présentant des cernes les plus réguliers possibles.
- ◆ Le module d'élasticité (MOE) est calculé pour l'arbre moyen du peuplement final. Il correspond à la moyenne pondérée des modules d'élasticité calculés pour chaque cerne à partir de la largeur du cerne et de son âge<sup>8</sup>.

**TABLEAU 1 – INDICATEURS REPRÉSENTANT LES OBJECTIFS POURSUIVIS ET PERMETTANT DE COMPARER LES SCÉNARIOS SYLVICOLES**

OBJECTIFS	INDICATEURS	UNITÉ
Production	Accroissement annuel moyen en volume	m <sup>3</sup> /ha/an
Financier	Valeur du fonds	€/ha
Technico-économique	Valeur des arbres après optimisation des découpes	€/ha
Stabilité du peuplement	Indice de stabilité au vent du peuplement	%
Écologiques :		
Biodiversité végétale	Diversité végétale maximale sous le couvert	%
Bioquantité végétale	Recouvrement végétal sous le couvert	%
Qualité du bois		
	Proportion de bois adulte	%
	Variation de la largeur des cernes	%
	Module d'élasticité	MPa

**FIGURE 2 – OPTIMISATION DES DÉCOUPES DE 2 MÉLÈZES DE MÊME HAUTEUR (27,4 M) ÉLAGUÉS SUR UNE HAUTEUR DE 8 M, DE MÊME ÂGE (48 ANS) MAIS DE CIRCONFÉRENCES DIFFÉRENTES (A : 165 CM – B : 101 CM).**



Tous ces indicateurs sont automatiquement calculés par le logiciel à partir des résultats des simulations et en considérant les paramètres définis par l'utilisateur. Ceux-ci concernent :

- ◆ le taux d'actualisation ;
- ◆ la liste et le coût des travaux effectués dans le peuplement (plantation, dégagement, élagage...);
- ◆ le prix de vente des bois ;
- ◆ les caractéristiques et les prix des produits.

Les trois premiers paramètres sont relatifs au calcul de l'indicateur financier, le dernier concerne l'indicateur technico-économique.

## Module de comparaison des scénarios

Les scénarios sylvicoles sont comparés et classés sur base des indicateurs qui ont été calculés. La comparaison met en œuvre la méthode d'analyse multicritère ELECTRE III<sup>9</sup>. Sans entrer dans le détail, la méthode classe les scénarios du meilleur au moins bon en regard de l'importance que l'utilisateur accorde à chaque indicateur ; un poids différent, voire nul pour certains, pouvant être attribué à chacun d'eux. ELECTRE III permet de prendre en compte la multiplicité des objectifs et la complexité du jugement humain.

Cette méthode n'admet pas la compensation entre indicateurs, ce qui revient à dire qu'une évaluation très mauvaise

**TABLEAU 2 – CARACTÉRISTIQUES DES 25 SCÉNARIOS SYLVICOLES COMPARÉS**

N° scénario	Densité initiale	Mode de construction	Rotation (an)	1 <sup>ère</sup> éclaircie (an)	Révolution (an)	Nombre de tiges final/ha	C130 moyen final (cm)
1	1333	Pas d'éclaircie	-	-	84	209	169
2	2000		-	-	84	372	128
3	1333	Éclaircies faibles	6	12	84	170	174
4	2000	(Proportion de tiges éclaircies = 15 %)	6	12	84	256	138
5	1333	Première éclaircie tardive suivie d'éclaircies modérées	6	30	78	112	174
6	2000	(Proportion de tiges éclaircies = 25 %)	6	30	84	133	155
7	1333	Longues rotations et éclaircies modérées (Proportion de tiges éclaircies = 25 %)	12	12	84	190	175
8	2000		12	12	84	299	139
9	1333	Éclaircies modérées	6	12	66	90	185
10	2000	(Proportion de tiges éclaircies = 25 %)	6	12	72	101	173
11	1333	Longues rotations et éclaircies fortes (Proportion de tiges éclaircies = 35 %)	12	12	72	139	179
12	2000		12	12	84	136	174
13	1333	Éclaircies fortes	6	12	54	90	179
14	2000	(Proportion de tiges éclaircies = 35 %)	6	12	60	88	177
15	1333	Surface terrière restant après éclaircie = 17 m <sup>2</sup> /ha	6	12	48	99	164
16	2000		6	12	54	92	169
17	1333	Surface terrière restant après éclaircie = 22 m <sup>2</sup> /ha	6	15	63	92	187
18	2000		6	15	69	97	182
19	1333	Surface terrière restant après éclaircie définie de manière à maximiser l'indice de biodiversité	6	12	60	106	184
20	2000		6	12	72	102	192
21	1333	Accroissement en grosseur des dominants = 2,5 cm/an	3	18	57	97	165
22	2000		3	15	60	90	164
23	1333	Accroissement en grosseur des dominants = 3 cm/an	3	15	48	85	156
24	2000		3	15	51	81	159
25	1333	Sylviculture actuellement recommandée : rotation variable et proportion des tiges éclaircies d'environ 30 %	3 à 6	12	54	99	178

pour un indicateur ne peut être neutralisée par une très bonne performance pour un autre. Cette propriété est particulièrement intéressante dans le contexte d'une gestion durable et multi-fonctionnelle des peuplements.

ELECTRE III permet finalement au gestionnaire d'isoler le ou les scénarios qui répond(ent) le mieux aux objectifs poursuivis. Elle identifie en effet les scénarios équivalents, les scénarios dominants et dominés et les scénarios incomparables\*.

### EXEMPLE

Le logiciel a été utilisé pour comparer 25 scénarios sylvicoles suffisamment

contrastés. Ces scénarios concernent un peuplement de mélèze hybride dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ◆ indice de fertilité, hauteur dominante atteint à 50 ans (H50) : 31 m (correspondant à celui observé en moyenne en Région wallonne) ;
- ◆ densité de plantation : 2 000 plants/ha (2 x 2,5 m) ou 1 333 plants/ha (3 x 2,5 m) ; taux de reprise : 90 % ;
- ◆ âge initial du peuplement au moment de la première simulation : 12 ans ;
- ◆ révolution : fixée par la circonférence moyenne au moment de la mise à blanc qui doit être au minimum de 150 cm sauf si l'accroissement est trop faible pour atteindre cette valeur en moins de 84 ans.

Le tableau 2 décrit les principales caractéristiques des scénarios comparés.

Le tableau 3 représente la matrice des performances des 25 scénarios en regard des 9 indicateurs considérés. La largeur moyenne des cernes est présentée à titre indicatif. Rappelons que les évaluations des indicateurs financier et

technico-économique dépendent des paramètres définis pour leur calcul.

Le classement des scénarios par la méthode d'analyse multicritère ELECTRE III permet de hiérarchiser les scénarios en fonction de l'importance accordée à chaque indicateur. Si le gestionnaire accorde un poids équivalent à tous les indicateurs, il sera indiqué d'appliquer le scénario 19, voire le 25, les scénarios 2 et 4 étant les moins bien classés. Le scénario 19 est également recommandé lorsque seuls les objectifs écologiques et de stabilité du peuplement sont envisagés. Si les objectifs de production, financier et technico-économique sont exclusivement poursuivis, le scénario 5 sera le plus approprié. Enfin, si la qualité du bois est uniquement recherchée, le scénario 20 sera suggéré. Le choix du scénario sylvicole dépend donc des objectifs prioritaires que le gestionnaire s'est fixés. Les points forts et faibles de chaque scénario peuvent ainsi être évalués. Le gestionnaire peut, sur cette base, construire de nouveaux scénarios, conciliant plusieurs avantages observés, et les introduire dans la comparaison. Il

\* Deux scénarios sont incomparables lorsqu'il est impossible de les départager. Supposons par exemple que l'utilisateur recherche à la fois une production élevée et une bonne qualité de bois. Il sera bien embarrassé d'être dans l'obligation de choisir entre le scénario A qui présente une forte production mais une médiocre qualité de bois et le scénario B qui présente une très faible production et une qualité de bois exceptionnelle.

**TABLEAU 3 – MATRICE DES PERFORMANCES DES 25 SCÉNARIOS SYLVICOLES COMPARÉS**

N° Scén.	Indicateurs										Larg. cernes (cm)
	AMV (m <sup>3</sup> /ha/an)	VF(€/ha)	T-eco (€/ha)	Stab (%)	Biodiv (%)	Bioqu.(%)	Bois_adult (%)	CV_cern (%)	MOE (Mpa)		
1	13,6	-1 592	63 247	100	1	30	57	78	12 514	0,35	
2	13,0	-2 421	60 501	29	2	28	49	82	14 753	0,30	
3	16,7	-179	101 731	75	1	49	58	74	12 095	0,37	
4	15,9	-2 251	86 545	36	2	52	53	78	13 440	0,31	
5	17,2	573	92 677	69	8	81	56	72	11 394	0,39	
6	15,6	-1 811	81 236	32	10	92	56	73	12 466	0,33	
7	16,5	-294	102 280	86	2	45	59	75	12 166	0,35	
8	16,0	-2 325	88 401	39	4	41	53	78	13 727	0,31	
9	15,1	182	69 990	73	14	131	54	61	10 371	0,46	
10	15,1	-1 541	72 520	71	15	127	57	60	11 121	0,40	
11	15,9	186	83 377	83	10	92	55	67	10 993	0,41	
12	15,5	-1 690	88 298	82	14	94	60	68	12 000	0,34	
13	13,6	-358	49 844	78	20	176	48	52	9 621	0,53	
14	13,8	-1 707	52 566	70	15	174	54	48	10 143	0,46	
15	13,6	-853	43 436	81	21	179	43	51	9 329	0,55	
16	13,4	-1 970	46 692	67	22	182	50	45	9 882	0,48	
17	14,3	-108	61 559	67	27	153	53	58	10 166	0,47	
18	14,2	-1 511	65 670	65	25	155	59	54	10 726	0,42	
19	14,1	-221	58 950	75	55	157	53	56	10 020	0,49	
20	13,8	-1 533	69 420	71	60	157	61	54	10 810	0,41	
21	14,5	-344	53 279	74	14	164	46	56	9 886	0,50	
22	13,8	-2 057	51 011	70	17	183	51	49	10 214	0,46	
23	13,2	-1 055	39 626	56	10	196	38	48	9 268	0,56	
24	12,6	-2 557	39 210	53	12	209	47	40	9 621	0,52	
25	13,4	-395	50 979	83	33	178	48	52	9 649	0,52	

(AMV : accroissement annuel moyen en volume – VF : valeur du fonds au taux d'actualisation de 3 % – T-eco : valeur des arbres après optimisation des découpes – Stab : Stabilité du peuplement – Biodiv : biodiversité maximale – Bioqu. : recouvrement végétal moyen sous le couvert – Bois\_adult. : proportion de bois adulte – CV\_cern : variation de la largeur des cernes – MOE : module d'élasticité) : les meilleures évaluations sont présentées en vert et les moins bonnes en orange.

est toutefois à remarquer que le classement des scénarios est relatif, il dépend des scénarios comparés et peut donc être modifié par l'ajout ou la suppression de l'un d'entre eux. Il peut aussi exister un scénario, non comparé, qui permet d'encore mieux rencontrer les objectifs du gestionnaire, raison pour laquelle le logiciel est conçu pour générer et classer un nombre important de scénarios sylvicoles.

Le logiciel peut également servir de base à la détermination d'un guide sylvicole décrivant chaque scénario en regard de son impact sur les différents indicateurs. L'édition d'un tel guide sous forme de fiches, telles que celles présentées à la fin de l'article, est actuellement envisagée. Ce guide permettrait de donner des orientations générales pour la conduite des peuplements de mélèze en fonction des finalités recherchées.

## CONCLUSION

Le logiciel « MGC\_Larch » est un précieux outil d'aide à la décision per-

mettant d'orienter le choix d'un scénario sylvicole pour les peuplements purs et équiennes de mélèze. Il est d'autant plus intéressant qu'il permet au gestionnaire d'introduire les caractéristiques de son ou de ses peuplements et qu'il offre alors une aide à la décision personnalisée en fonction d'une part, des spécificités du peuplement et, d'autre part, de l'importance accordée aux différents objectifs. ■

## Références bibliographiques

- DAGNELIE P., PALM R., RONDEUX J., THILL A. [1988]. Tables de production relatives à l'épicéa commun (*Picea abies* Karst.). Gembloux : Les Presses Agronomiques de Gembloux, 122 p.
- LEJEUNE P., THIBAUT A., PAUWELS D. [2000]. Un modèle de gestion informatisé pour les plantations d'épicéa commun en Ardenne Belge. *Les cahiers forestiers de Gembloux* 24, 26 p.
- LEJEUNE P. [1994]. Modélisation de la croissance et du développement de peuplements forestiers d'âges multiples : application à la hêtre wallonne. Gembloux : Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Thèse de doctorat, 210 p.
- RIOU-NIVERT P. [2001]. Facteurs de stabilité des peuplements et gestion de l'équilibre. *Forêt Entre-prise* 139 : 17-25.
- BALANDIER P., RUCHAUD F., PAUWELS D., JOUVIE R. [2002]. Predicting light transmission through canopies of larch stands (*Larix sp.*) in France and Belgium. In « Amélioration du mélèze (*Larix sp.*)

pour une meilleure croissance, architecture et qualité du bois », Actes de colloque, Gap, Auvergne et Limousin, France, 16-21/09/2002, 340-349.

<sup>6</sup> BALANDIER P., LANDRE F., LAMPIN N., RUCHAUD F. [2002]. Understorey vegetation diversity, composition and cover according to light level under canopies of larch stands thinned with different intensities. In « Poplar summaries of the Fourth International Conference on Forest Vegetation Management », FROCHOT H., COLLET C., BALANDIER P., Eds., Nancy, France, 17-21 juin 2002, INRA, 157-159.

<sup>7</sup> PAUWELS D., LEJEUNE P., PÂQUES L. E., RONDEUX J. [2002]. Développement d'un modèle prédictif de la proportion de duramen et d'écorce des espèces de mélèzes cultivées en zones de basse altitude en Europe de l'ouest (*Larix leptolepis* Gord., *Larix decidua* Miller, *Larix eurolepis* Henry). *Ann. For. Sci.* (accepté pour publication).

<sup>8</sup> LEBAN J.-M., HAINES D.W. [1999]. The modulus of elasticity of hybrid larch predicted by density, rings per centimeter, and age. *Wood Fiber Sci.* 31 : 394-402.

<sup>9</sup> MAYSTRE L.Y., PICTET J., SIMOS J. [1994]. *Méthodes multicritères ELECTRE. Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 323 p.

## Remerciements

Cette recherche a été menée dans le cadre du programme FAIR-CT98-3354 « Towards a European larch wood chain » financé par l'Union européenne et a bénéficié, pour la collecte des données, de l'appui financier de la Région wallonne.

## CARACTÉRISTIQUES SYLVICOLES DU SCÉNARIO 19 : SCÉNARIO MULTI-OBJECTIF

### DESCRIPTION

Ce scénario concerne un peuplement planté à la densité de 1 333 tiges/ha. Il a été construit en définissant la surface terrière après éclaircie de manière à favoriser l'indicateur de biodiversité. Les éclaircies commencent à 12 ans avec une rotation de 6 ans. Elles sont moyennes à fortes jusque vers 36 ans (environ 25-40 % des

tiges sont prélevées) puis deviennent plus faibles (environ 15 % des tiges sont prélevées). Ce scénario permet de produire à 60 ans, une centaine de tiges de 184 cm de circonférence moyenne. L'accroissement moyen des arbres dominants se situe autour de 2,6 cm/an.

### TABLE DE PRODUCTION

age	Hdom	Avant éclaircie				Éclaircie				Après éclaircie				Accroissement					
		N	G	C	V	TYP	PDS	N	G	C	V	N	G	C	V	ACV	ACG	AMV	PTV
12	10,6	1198	21,1	47	103	83	27,5	330	4	39,1	18	868	17	49,7	84,6	0	0	8,6	103
18	15,3	868	30	65,9	223	91	45,7	397	11,4	60,1	84,3	471	18,6	70,4	139	23	2,2	13,4	241
24	19,1	471	27,5	85,6	254	92	34	160	8	79,3	73,7	311	19,5	88,7	180	19	1,5	14,8	356
30	22,4	311	26,4	103	280	93	25,4	79	5,8	96,2	62,6	232	20,6	106	218	17	1,2	15,2	456
36	25,2	232	26,5	120	305	92	22,4	52	5,1	111	58,4	180	21,4	122	246	15	1	15,1	543
42	27,8	180	26,7	137	330	95	18,3	33	4,4	129	54,6	147	22,3	138	276	14	0,9	14,9	627
48	30,2	147	27,1	152	353	93	15,6	23	3,7	143	48,2	124	23,4	154	304	13	0,8	14,7	704
54	32,5	124	27,8	168	374	93	14,5	18	3,5	157	46,9	106	24,3	170	327	12	0,7	14,3	774
60	34,7	106	28,5	184	401		100									12	0,7	14,1	848

age : âge du peuplement (années) – Hdom : hauteur dominante (m) – N : nombre de bois – G : surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) – C : circonférence moyenne (cm) – V : volume (m<sup>3</sup>/ha) – TYP : type de l'éclaircie (rapport entre la circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne prélevé lors de l'éclaircie et la circonférence moyenne avant éclaircie) – PDS : poids de l'éclaircie (rapport entre le nombre de tiges à l'hectare prélevées en éclaircie et le nombre de tiges avant éclaircie) – ACV : accroissement annuel courant en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – ACG : accroissement annuel courant en surface terrière par hectare (m<sup>2</sup>/ha/an) – AMV : accroissement annuel moyen en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – PTV : production totale en volume (m<sup>3</sup>/ha).

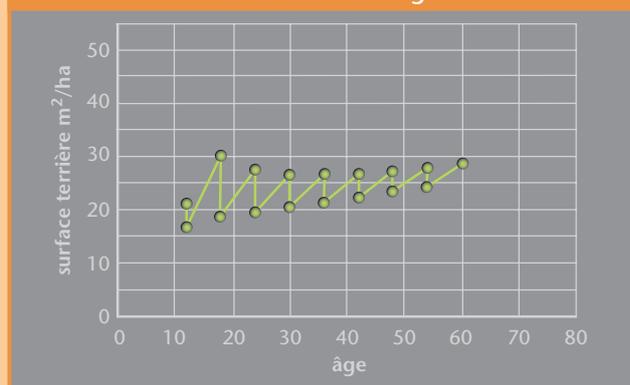
vées en éclaircie et le nombre de tiges avant éclaircie) – ACV : accroissement annuel courant en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – ACG : accroissement annuel courant en surface terrière par hectare (m<sup>2</sup>/ha/an) – AMV : accroissement annuel moyen en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – PTV : production totale en volume (m<sup>3</sup>/ha).

### GRAPHIQUES

Nombre de tiges et circonférence moyenne (cm) en fonction de l'âge



Surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) en fonction de l'âge



### ÉVALUATION DU SCÉNARIO 19

#### M OBJECTIF DE PRODUCTION

L'accroissement annuel moyen en volume est de 14,1 m<sup>3</sup>/ha/an. Il est plutôt moyen comparativement à celui des autres scénarios en raison des éclaircies fortes pratiquées dans le peuplement.

#### B OBJECTIF FINANCIER

La valeur du fonds calculée au taux de 3 % est de -221 €/ha et se classe relativement bien.

#### F OBJECTIF TECHNIQUE-ÉCONOMIQUE

La valeur totale des découpes optimisées est de 58 950 €/ha. Cette valeur est relativement faible mais peut être augmentée de 5 à 10 % par un élagage artificiel.

#### B OBJECTIF DE STABILITÉ DU PEUPEMENT

La proportion du temps durant lequel le peuplement est stable est bonne et vaut 75 %.

#### TB-B OBJECTIFS ÉCOLOGIQUES

La valeur de l'indicateur de biodiversité est très bonne et vaut 55 %. Celle de l'indicateur de bioquantité est bonne et vaut 157 %.

#### B-B-F OBJECTIFS DE QUALITÉ DU BOIS

La proportion de bois adulte est relativement élevée (53 %) et la variation des cernes est relativement réduite (56 %) comparativement aux autres scénarios. Le scénario est donc bien classé pour ces 2 indicateurs. La valeur du module d'élasticité est faible (10 020 Mpa) en raison de la largeur moyenne des cernes (0,49 cm) dues aux éclaircies fortes.

### CONCLUSION

Ce scénario est conseillé lorsque tous les objectifs représentés par les indicateurs sont considérés sur un pied d'égalité. Ce scénario

présente toutefois deux faiblesses qui concernent l'indicateur technico-économique et la valeur du module d'élasticité.

## CARACTERISTIQUES SYLVICOLES DU SCÉNARIO 5 : SCÉNARIO « PRODUCTION »

### DESCRIPTION

Ce scénario concerne un peuplement planté à la densité de 1 333 tiges/ha. Les éclaircies commencent à 30 ans et sont moyennes (25 % des tiges sont prélevées). L'éclaircie tardive entraîne une certaine accumulation du matériel sur pied et un ralentissement de la

croissance. Ce scénario permet de produire à 78 ans, un peu plus d'une centaine de tiges de 174 cm de circonférence moyenne. L'accroissement moyen des arbres dominants se situe autour de 1,8 cm/an.

### TABLE DE PRODUCTION

âge	Hdom	Avant éclaircie				Éclaircie					Après éclaircie				Accroissement				
		N	G	C	V	TYP	PDS	N	G	C	V	N	G	C	V	ACV	ACG	AMV	PTV
12	10,6	1 198	21,1	47	103		0	0	0		0	1 198	21,1	47	103	0	0	8,6	103
18	15,3	1 198	35,5	61	262		0	0	0		0	1 198	35,5	61	262	27	2,4	14,6	262
24	19,1	1 198	46,8	70	423		0	0	0		0	1 198	46,8	70	423	27	1,9	17,6	423
30	22,4	1 144	55,6	78,1	583	84	25	286	10,1	66,7	107	858	45,5	81,6	476	27	1,5	19,4	583
36	25,2	843	52,8	88,7	621	87	25	211	10,1	77,5	119	632	42,7	92,2	502	24	1,2	20,3	729
42	27,8	632	49,2	98,9	615	88	25	158	9,5	87	121	474	39,6	103	494	19	1,1	20	842
48	30,2	474	45,3	110	600	89	24,9	118	9,2	98,8	123	356	36,2	113	477	18	1	19,8	948
54	32,5	356	41,2	121	573	90	25	89	8,4	109	119	267	32,8	124	454	16	0,8	19,3	1 043
60	34,7	267	37,2	132	534	91	25,1	67	7,7	120	112	200	29,5	136	422	13	0,7	18,7	1 124
66	36,8	200	33,6	145	502	93	25	50	7,3	135	109	150	26,4	149	393	13	0,7	18,2	1 204
72	38,9	150	30,2	159	463	92	25,3	38	6,5	147	101	112	23,7	163	362	12	0,6	17,7	1 274
78	41	112	27,1	174	426		100									11	0,6	17,2	1 338

âge : âge du peuplement (années) – Hdom : hauteur dominante (m) – N : nombre de bois – G : surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) – C : circonférence moyenne (cm) – V : volume (m<sup>3</sup>/ha) – TYP : type de l'éclaircie (rapport entre la circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne prélevé lors de l'éclaircie et la circonférence moyenne avant éclaircie) – PDS : poids de l'éclaircie (rapport entre le nombre de tiges à l'hectare prélevées en éclaircie et le nombre de tiges avant éclaircie) – ACV : accroissement annuel courant en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – ACG : accroissement annuel courant en surface terrière par hectare (m<sup>2</sup>/ha/an) – AMV : accroissement annuel moyen en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – PTV : production totale en volume (m<sup>3</sup>/ha).

– ACV : accroissement annuel courant en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – ACG : accroissement annuel courant en surface terrière par hectare (m<sup>2</sup>/ha/an) – AMV : accroissement annuel moyen en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – PTV : production totale en volume (m<sup>3</sup>/ha).

### GRAPHIQUES

Nombre de tiges et circonférence moyenne (cm) en fonction de l'âge



Surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) en fonction de l'âge



### ÉVALUATION DU SCÉNARIO 5

- TB** OBJECTIF DE PRODUCTION  
L'accroissement annuel moyen en volume est de 17,2 m<sup>3</sup>/ha/an. Il est le plus élevé des scénarios comparés.
- TB** OBJECTIF FINANCIER  
La valeur du fonds calculée au taux de 3 % est de 573 €/ha et est la plus élevée.
- TB** OBJECTIF TECHNICO-ÉCONOMIQUE  
La valeur totale des découpes optimisées est de 92 677 €/ha et est parmi les meilleures.

- M** OBJECTIF DE STABILITÉ DU PEUPLEMENT  
La proportion du temps durant lequel le peuplement est stable est moyenne et vaut 69 %.
- TF-F** OBJECTIFS ÉCOLOGIQUES  
La valeur de l'indicateur de biodiversité est très mauvaise et vaut 8 %. Celle de l'indicateur de bioquantité est relativement faible et vaut 81 %.
- B-F-M** OBJECTIFS DE QUALITÉ DU BOIS  
La proportion de bois adulte est relativement bonne (56 %). La variation des cernes est élevée (72 %) en raison de l'éclaircie tardive. La valeur du module d'élasticité est moyenne (11 394 Mpa).

### CONCLUSION

Ce scénario est conseillé lorsque les objectifs de production sont prioritaires et que les autres objectifs sont négligés. Il faut toutefois remarquer que la stabilité du peuplement n'est pas optimale et que

le placement financier constitue donc un risque non négligeable. Ce scénario ne favorise en rien les objectifs écologiques et produit un bois de qualité moyenne à relativement médiocre.

## CARACTERISTIQUES SYLVICOLES DU SCÉNARIO 20 : SCÉNARIO « QUALITE DU BOIS »

### DESCRIPTION

Ce scénario concerne un peuplement planté à la densité de 2 000 tiges/ha. Il a été construit en définissant la surface terrière après éclaircie de manière à favoriser l'indicateur de biodiversité. Les éclaircies commencent à 12 ans avec une rotation de 6 ans. Elles sont fortes jusque vers 30 ans (environ 30-40 % des tiges sont pré-

levées) puis deviennent plus faibles (environ 15 % des tiges sont prélevées). Ce scénario permet de produire à 72 ans, un peu plus d'une centaine de tiges de 192 cm de circonférence moyenne. L'accroissement moyen des arbres dominants se situe autour de 2,4 cm/an.

### TABLE DE PRODUCTION

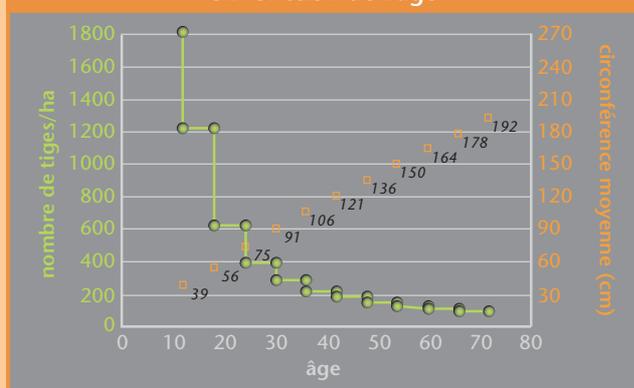
age	Hdom	Avant éclaircie				Éclaircie				Après éclaircie				Accroissement					
		N	G	C	V	TYP	PDS	N	G	C	V	N	G	C	V	ACV	ACG	AMV	PTV
12	10,6	1799	21,8	39	97,5	82	32	575	4,8	32,4	18,5	1224	17	41,8	79	0	0	8,2	98
18	15,3	1224	30,5	56	224	89	48,5	594	11,9	50,2	84,4	630	18,6	60,9	139	24	2,3	13,4	242
24	19,1	630	27,9	74,5	253	91	35,6	224	8,4	68,5	75,9	406	19,5	77,7	178	19	1,5	14,8	356
30	22,4	406	26,6	90,8	280	91	27,1	110	6,1	83,7	63,6	296	20,5	93,2	217	17	1,2	15,3	459
36	25,2	296	26,5	106	304	91	22,6	67	5	97,2	58,7	229	21,5	109	245	15	1	15,2	546
42	27,8	229	26,9	121	337	94	18,3	42	4,4	115	55,5	187	22,5	123	281	15	0,9	15,2	638
48	30,2	187	27,4	136	359	94	16	30	3,9	128	51,6	157	23,5	137	307	13	0,8	14,9	715
54	32,5	157	28	150	379	93	15,3	24	3,7	140	50,4	133	24,3	152	328	12	0,8	14,6	787
60	34,7	133	28,6	164	402	94	12,8	17	3,2	154	45,2	116	25,3	166	357	12	0,7	14,4	861
66	36,8	116	29,3	178	430	94	12,1	14	3,1	168	45,5	102	26,2	180	384	12	0,7	14,1	933
72	38,9	102	30	192	447			100								11	0,6	13,8	997

age : âge du peuplement (années) – Hdom : hauteur dominante (m) – N : nombre de bois – G : surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) – C : circonférence moyenne (cm) – V : volume (m<sup>3</sup>/ha) – TYP : type de l'éclaircie (rapport entre la circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne prélevée lors de l'éclaircie et la circonférence moyenne avant éclaircie) – PDS : poids de l'éclaircie (rapport entre le nombre de tiges à l'hectare pré-

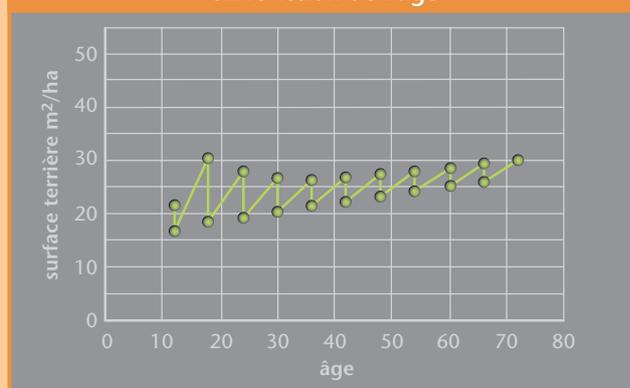
levées en éclaircie et le nombre de tiges avant éclaircie) – ACV : accroissement annuel courant en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – ACG : accroissement annuel courant en surface terrière par hectare (m<sup>2</sup>/ha/an) – AMV : accroissement annuel moyen en volume par hectare (m<sup>3</sup>/ha/an) – PTV : production totale en volume (m<sup>3</sup>/ha).

### GRAPHIQUES

Nombre de tiges et circonférence moyenne (cm) en fonction de l'âge



Surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) en fonction de l'âge



### ÉVALUATION DU SCÉNARIO 20

#### M OBJECTIF DE PRODUCTION

L'accroissement annuel moyen en volume est de 13,8 m<sup>3</sup>/ha/an. Il est plutôt moyen voire faible comparativement à celui des autres scénarios en raison des éclaircies fortes pratiquées dans le peuplement.

#### F OBJECTIF FINANCIER

La valeur du fonds calculée au taux de 3 % est de -1 533 €/ha et est relativement faible.

#### M OBJECTIF TECHNICO-ÉCONOMIQUE

La valeur totale des découpes optimisées est de 69 420 €/ha. Cette valeur est relativement moyenne. Elle peut être augmentée d'environ 5 % par un élagage artificiel.

#### B OBJECTIF DE STABILITÉ DU PEUPELEMENT

La proportion du temps durant lequel le peuplement est stable est bonne à moyenne et vaut 71 %.

#### TB-B OBJECTIFS ÉCOLOGIQUES

La valeur de l'indicateur de biodiversité est très bonne et vaut 60 %. Celle de l'indicateur de bioquantité est bonne et vaut 157 %.

#### TB-B- OBJECTIFS DE QUALITÉ DU BOIS

La proportion de bois adulte est la plus élevée (61 %) et la variation des cerne est relativement réduite (54 %) comparativement aux autres scénarios. Le scénario est donc bien classé pour ces 2 indicateurs. La valeur du module d'élasticité est plutôt moyenne, voire faible (10 810 Mpa) en raison de la largeur moyenne des cerne (0,41 cm) dues aux éclaircies fortes.

### CONCLUSION

Ce scénario est conseillé lorsque les objectifs de qualité de bois sont recherchés. Ce scénario présente une faiblesse en ce qui concerne la valeur du fonds. La rentabilité financière est donc difficile-

ment assurée en raison de la densité de plantation élevée et des éclaircies précoces et fortes qui sont peu rentables.

# AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES MÉLÈZES ET LA PRODUCTION DE PLANTS

DOMINIQUE JACQUES

OLIVIER DESTEUCCQ

Centre de Recherche de la Nature,  
des Forêts et du Bois

Plates-bandes de mélèze hybride  
en cours de production à la pépinière  
domaniale de Vielsalm.

© D. Jacques

*Le mélèze est une essence forestière aux multiples qualités ; d'un naturel frugal, il peut être planté dans une large gamme de sols ; il fournit un bois doté de propriétés mécaniques intéressantes et bénéficie d'une réputation de bonne durabilité naturelle.*

*Compte tenu de ces qualités, les forestiers se sont très tôt intéressés à cette essence, et des programmes d'amélioration génétiques ont rapidement été développés en Europe pour exploiter son potentiel de manière optimale.*

*Les résultats issus de ce programme d'amélioration permettent maintenant aux propriétaires forestiers de disposer de plants de bonnes qualités génétiques.*

## HISTORIQUE DE L'INTRODUCTION DES MÉLÈZES EN BELGIQUE

Parmi la dizaine d'espèces que compte le genre *Larix*, seules deux d'entre elles, les mélèzes d'Europe (*Larix decidua* MILLER) et du Japon (*Larix kaempferi* (LAMBERT) CARR.) ainsi que leur hybride (*Larix x eurolepis* HENRY) présentent un intérêt forestier en Belgique.

Aucune de ces deux espèces n'est autochtone. Le mélèze d'Europe fut le premier introduit. Son apparition en

Belgique remonterait à 1745<sup>1</sup> alors que celle du mélèze du Japon date de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle<sup>2</sup>.

Le mélèze d'Europe connut son développement maximum au cours de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle ; c'est à cette époque que le chancre fit ses premiers ravages et détruisit de nombreux peuplements<sup>3</sup>, ce qui stoppa brutalement son extension en Belgique. La résistance du mélèze du Japon à ce champignon ainsi que sa croissance plus rapide va alors favoriser son développement qui atteindra son apogée au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle.

Le mélèze hybride est apparu plus récemment. En 1885, dans la propriété du duc d'Atholl à Dunkeld (Perthshire, Écosse), le mélèze hybride a tout d'abord été observé parmi la descendance de mélèzes du Japon plantés à proximité de quelques mélèzes d'Europe<sup>4</sup>. C'est parmi ces plants, notamment installés à Murthly, que Henry a obtenu le matériel qui lui a permis de donner son nom à l'hybride en 1919<sup>5</sup>.

En Belgique, les premiers hybrides ont été identifiés en 1946 dans un petit domaine de l'État appelé Wagelwater situé aux environs de Bruges. Cette plantation avait été installée au printemps 1925 comme en atteste DELEVOY<sup>6</sup>.

À l'heure actuelle, sa forte productivité rend cette espèce nettement plus attrayante pour le propriétaire forestier que les deux espèces parents.

## PROGRAMME D'AMÉLIORATION

Un programme d'amélioration génétique classique s'articule en trois éta-