

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**

denses, les arbres ont développé des cimes déséquilibrées entraînant la formation de cœurs non centrés et de bois de compression. Par ailleurs, la forme du mélèze varie selon les provenances, et à ce titre, les premières introductions ont parfois été peu convaincantes⁶.

Pourtant, de nombreux atouts plaident en faveur d'une nouvelle sylviculture qui serait adaptée au mélèze³, notamment :

- ◆ dans les stations qui lui conviennent, son installation est aisée et il se dégage très vite de la concurrence grâce à sa forte croissance initiale, ce qui limite les investissements en dégageant et regarnissant ;
- ◆ son exploitabilité peut être de l'ordre de 40 à 50 ans, ce qui est un facteur de bonne rentabilité ;
- ◆ son couvert léger favorise les régénérations naturelles et la structuration des peuplements.

On peut donc espérer que les nombreuses études scientifiques et techniques en cours, qui couvrent les différentes facettes des mélèzes, allant de la génétique à la qualité du bois, convaincront les sylviculteurs de l'étendue de son potentiel et de l'intérêt de sa sylviculture. ■

Bibliographie

¹ RONDEUX J., LECOMTE H., FAGOT J., LAURENT C., TOUSSAINT A. [1986]. Quelques données statistiques récentes sur la forêt wallonne. *Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique* 93(1), 1-22.

² LECOMTE H., FLORKIN P., MORIMONT J.-P., THIRION M. [2002]. *La forêt wallonne : état de la ressource à la fin du 20^e siècle*. MRW-DGRNE, Namur, (sous presse).

³ PAUWELS D. [2001]. *Les mélèzes*. Namur, Ministère de la Région Wallonne, Fiche Technique n° 11, 23 p.

⁴ BERGES L., CHEVALIER R. [2001]. *Les exigences écologiques des mélèzes*. In : *Le mélèze*. Paris, IDF, 52-59.

⁵ BOUDRU M. [1986]. *Forêt et Sylviculture. Sylviculture appliquée*. Gembloux, Presses Agronomiques de Gembloux, 244 p.

⁶ JACQUES D. [2002]. *Communication personnelle*.

⁷ DELVAUX J., GALOUX A. [1962]. *Les territoires écologiques du Sud-Est belge*. Travaux hors série, Bruxelles, U.L.B., Centre d'écologie générale, 2 vol., 311 p.



LA LUMIÈRE, outil sylvicole pour favoriser la diversité végétale ou la gestion cynégétique des peuplements de mélèze (*Larix sp.*)

PHILIPPE BALANDIER

Équipe écologie appliquée des milieux boisés, Cemagref, Centre de Clermont-Ferrand

DOMINIQUE PAUWELS

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

Avec la collaboration technique de

FABRICE LANDRÉ ET RENÉ JOUVIE

© G. de Villenfagne

Jusqu'à une époque assez récente, la flore du sous-bois n'avait pas beaucoup d'intérêt pour le gestionnaire forestier, voire même était plus considérée comme un ennemi de l'éducation des arbres que comme un allié¹. Si l'on excepte quelques activités telles que le ramassage des champignons, le but était donc plutôt de la réduire au maximum. Depuis diverses choses ont changé conduisant à reconsidérer cette position :

- ◆ la production de bois, bien que restant essentielle, n'est plus la seule fonction attribuée aux forêts ;
- ◆ la protection de la biodiversité, voire sa restauration, est devenue une priorité dans bien des régions ;
- ◆ la demande du public, souvent essentiellement citoyen, pour des forêts de récréation, pour certains paysages, est devenue un facteur décisif dans la gestion de nombreuses forêts, tout comme la pression des chasseurs l'est dans d'autres cas ;

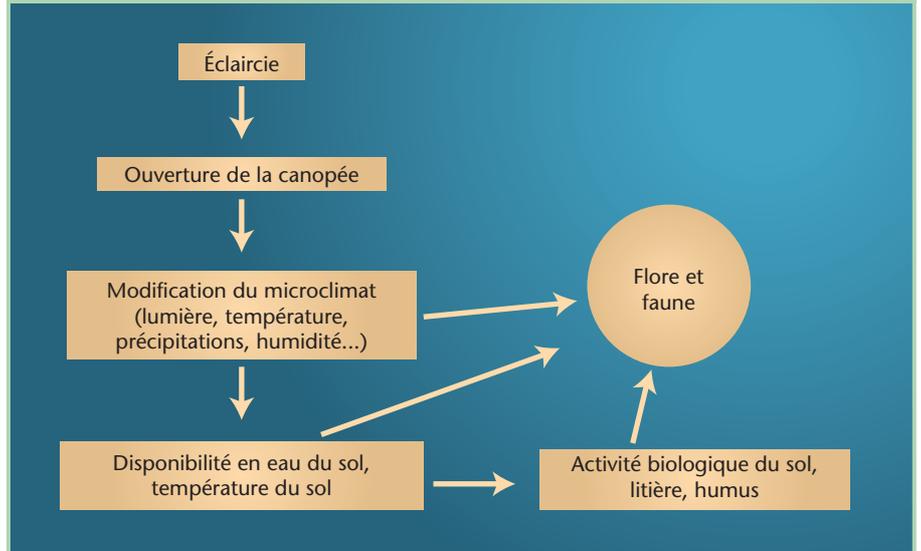
- ◆ enfin, les forestiers reconnaissent qu'une certaine végétation du sous-bois, de composition connue et maîtrisée, peut s'avérer comme un excellent auxiliaire dans l'éducation des jeunes arbres².

Ces différents objectifs ne sont pas forcément tous compatibles entre eux. Par exemple, le public peut préférer une flore variée mais « légère », permettant de circuler aisément dans les bois et à l'aspect visuel agréable. Le chasseur préférera une végétation abondante, même peu variée ou peu pénétrable (ronce, par exemple) mais qui favorisera le gibier. Le gestionnaire forestier doit donc faire des choix et adapter la sylviculture de ses boisements pour répondre à tel ou tel objectif. Mais encore faut-il qu'il en ait les outils. Un logiciel tel que « Faites Le Bon Choix pour le Mélèze »³, en intégrant différents critères de choix et en guidant ainsi la sylviculture en est un bon exemple. Nous ne développons ici que les aspects qui lient les éclaircies forestières (fréquence, intensité) à la lumière parvenant au sol sous le couvert arboré et ainsi à la composition et au développement de la flore du sous-bois.

LA LUMIÈRE : FACTEUR ESSENTIEL DU DÉVELOPPEMENT DE LA FLORE DU SOUS-BOIS

Les éclaircies forestières visent essentiellement à réduire le nombre de tiges d'un peuplement afin de limiter la compétition entre arbres et ainsi, optimiser leur croissance individuelle. Elles permettent également de sélectionner les plus beaux sujets. Mais ces éclaircies ont également des conséquences écologiques variées dont la modification du microclimat (figure 1) : principalement eau, température et lumière⁴. Le couvert arboré diminuant, les précipitations atteignant le sol sont plus abondantes. Le nombre d'arbres étant moindre, la transpiration du peuplement est réduite⁵. Ces deux facteurs conjugués conduisent à une meilleure disponibilité en eau du sol et ainsi à une meilleure croissance des arbres. Suite à une éclaircie, les températures diurnes augmentent grâce à un rayonnement plus important dans le peuplement ; à l'inverse la nuit, on observe une perte nette de radiation à la surface du sol, condui-

Figure 1 – Représentation schématique des modifications microclimatiques engendrées par les éclaircies et conséquences sur la flore et la faune du sous-bois



sant à une diminution des températures nocturnes et donc parfois à l'augmentation des gelées tardives⁶. Cependant globalement, grâce à l'augmentation de la température diurne et à une meilleure humidité du sol, l'activité biologique dans ce dernier s'accroît, l'humus est de meilleure qualité et les nutriments sont recyclés plus rapidement⁷.

Mais c'est sans doute les modifications quantitative et qualitative de la lumière qui ont l'impact microclimatique le plus fort après une éclaircie. Tout d'abord, ce sont les radiations solaires de grandes longueurs d'ondes (supérieures à 780 nm, domaine de l'invisible) qui permettent le réchauffement de l'air ; ces radiations augmentent à la suite de l'éclaircie, expliquant l'augmentation de la température de l'air dans la journée. Deuxièmement, les radiations solaires sont impliquées dans la production de biomasse, par la photosynthèse, dans la gamme de longueur d'onde 400-700 nm (lumière visible). Généralement, les plantes réagissent assez vite à une modification de la quantité de lumière reçue dans ces longueurs d'onde, le but étant d'optimiser la captation de l'énergie lumineuse⁸. Enfin, certaines longueurs d'onde (rouge clair, rouge sombre, bleue, UV-A) ont une action particulière sur la morphogenèse des plantes et leur forme. Ainsi pour donner un exemple, c'est la modification de la quantité de rouge clair et de rouge sombre qui pousse les plantes à croître plus en

hauteur à l'ombre. Elles répondent à un enrichissement en rouge sombre dans la pénombre.

Les plantes réagissent donc, et souvent très vite, aux modifications de l'environnement lumineux. Quand la lumière devient réduite, elles entrent en compétition pour accéder à cette ressource devenue limitante. Elles adaptent leur appareil foliaire pour capter le maximum d'énergie lumineuse et leur croissance et leur forme pour aller au plus vite vers la lumière. De la même façon, à l'échelle des communautés végétales, les populations évoluent en fonction de la lumière disponible : apparition ou disparition d'espèces, changement de leur proportion relative, de leur recouvrement. Par le biais de la lumière, les éclaircies en forêt vont donc engendrer diverses strates végétales en sous-bois, à la composition et au taux de recouvrement parfois assez radicalement différents. C'est cette relation « intensité d'éclaircie – lumière parvenant au sol – composition et recouvrement de la flore du sous-bois » que nous avons voulu étudier dans les peuplements de mélèze. Le but est à terme de quantifier et de prédire les changements de flore liés aux pratiques sylvicoles, sans avoir recours à la mesure directe de la lumière, variable peu accessible pour les gestionnaires forestiers (grande variabilité spatiale et temporelle, appareillage de mesure fragile et coûteux, difficulté de mise en œuvre, etc.). C'est la raison pour laquelle nous avons également tenté de relier l'éclair-

rement mesuré au sol avec les principales caractéristiques dendrométriques des arbres que le forestier mesure en routine : hauteur, diamètre de tronc, densité... À partir de ses mesures, il pourrait ainsi estimer l'éclairement au sol dans ses peuplements et donc estimer l'évolution de la flore.

MESURES DE LA LUMIÈRE ET DE LA FLORE DU SOUS-BOIS DANS LES PEUPELEMENTS DE MÊLÈZE

Les mesures ont été effectuées dans 13 peuplements réguliers de mélèze (européen, *Larix decidua*, japonais, *Larix kaempferi* et hybride, *Larix eurolepis*) en France et en Belgique. Dans chaque peuplement, il s'agissait de comparer la lumière arrivant au sol et l'évolution de la flore du sous-bois entre des placettes non éclaircies denses et des placettes éclaircies à différentes densités (de 230 à 2 200 tiges/ha). Nous avons également choisi des peuplements d'âges différents (de 13 à 95 ans), aux caractéristiques dendrométriques différentes (hauteur dominante de 8 à 27 m, surface terrière de 4 à 51 m²/ha), et de conditions écologiques différentes, afin d'appréhender et de tenir compte d'un maximum de variabilité.

La lumière et la flore ont été mesurées sur chaque placette dans 4 bandes de 100 m² régulièrement réparties. Le rayonnement global parvenant au sol (longueurs d'onde de 350 à 2 500 nm) a été mesuré à l'aide de solarimètres. Afin d'appréhender la variabilité spatiale du rayonnement au sein d'une même placette, au moins deux solarimètres sont placés dans chaque bande et chaque placette est donc caractérisée par 8 solarimètres au minimum. Les solarimètres sont laissés 24 heures en place afin d'intégrer la variabilité due à la course du soleil. Pour comparer différentes placettes entre elles à différentes dates de mesure et sous différentes conditions météorologiques, les mesures effectuées sous couvert (éclairement sous couvert, EC) sont exprimées par rapport à l'éclairement incident mesuré à découvert (EI) pendant la même période de 24 heures (éclairement relatif, ER = EC/EI). L'hypothèse est que quels que soient le jour de l'année et les conditions

météorologiques, le pourcentage de lumière intercepté par le couvert de mélèze est toujours le même. En d'autres termes, seule la structure du couvert explique les différences d'éclairement au sol.

Sur les mêmes 4 bandes de 100 m² où la lumière est mesurée, nous avons effectué un relevé complet de la végétation : détermination de toutes les espèces présentes, leur pourcentage de recouvrement (pourcentage de surface de sol occupée par la projection verticale de leur feuillage) et le pourcentage de sol nu. Afin d'appréhender l'évolution de la lumière et de la flore suite à une éclaircie, les mesures ont été effectuées avant et plusieurs années après cette dernière. Les principales caractéristiques dendrométriques de tous les arbres présents sur les placettes ont été mesurées (hauteur, diamètre, hauteur de couronne, nombre d'arbres, etc.)

L'ÉCLAIREMENT DU SOUS-BOIS EST FONCTION DE LA SURFACE TERRIÈRE DU PEUPELEMENT

L'éclairement relatif du sous-bois a été mis en relation avec les différentes variables dendrométriques mesurées. La surface terrière du peuplement explique plus de 80 % de la variabilité de l'éclairement moyen du sous-bois (figure 2). De plus, la relation est de forme exponentielle décroissante : l'éclairement décroît rapidement avec l'augmentation de la surface terrière. Cette relation suit parfaitement la loi

de Beer-Lambert établissant la décroissance de la lumière traversant des milieux troubles : $ER = \exp(-k.G)$, avec ER, l'éclairement relatif moyen parvenant au sol, G la surface terrière et k, le coefficient d'extinction du rayonnement dans le milieu considéré, ici, le feuillage du mélèze. La surface terrière en elle-même n'a évidemment pas de lien direct avec l'interception de la lumière ; par contre, il existe une excellente relation entre la surface terrière et la surface foliaire d'un couvert, ou en d'autres termes, une excellente relation entre la surface de bois d'un arbre et la surface foliaire qu'il porte⁹. La relation pourrait donc s'écrire $ER = \exp(-k'.SF)$ avec SF la surface foliaire du peuplement mais évidemment, la surface terrière du peuplement est bien plus facilement accessible au gestionnaire forestier que la mesure de sa surface foliaire !

L'autre variable qui permet d'expliquer une bonne part de la variabilité de l'éclairement moyen sous les peuplements de mélèze est l'âge moyen des arbres (figure 2). À surface terrière égale, il semble que l'interception du rayonnement soit moins forte dans les peuplements âgés que dans les peuplements jeunes (figure 2). Deux explications sont possibles : d'une part le houppier des arbres étant plus haut, l'éclairement latéral du peuplement est potentiellement plus important et d'autre part, une certaine diminution de la densité du feuillage (moins d'aiguilles pour une même surface terrière) est possible (vieillesse du houppier).

Figure 2 – Évolution de l'éclairement relatif moyen sous différents peuplements de mélèze en France et en Belgique en fonction de leur surface terrière et de leur âge

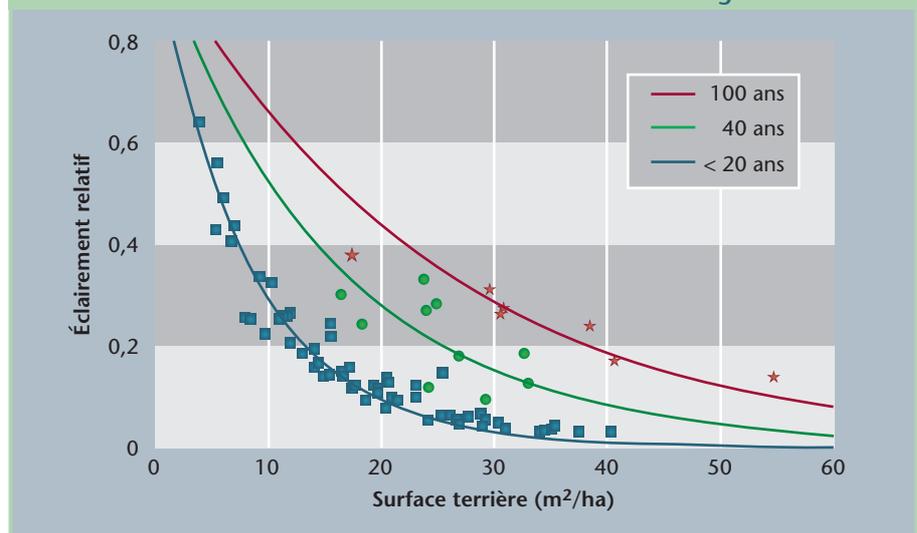
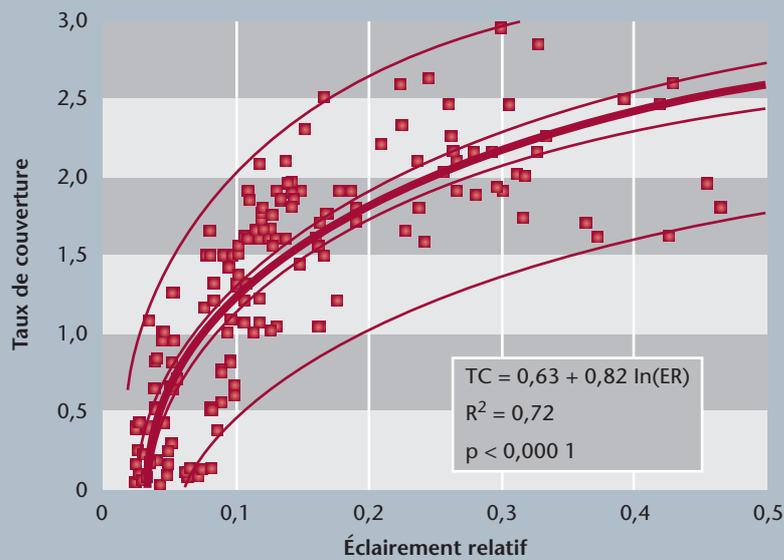
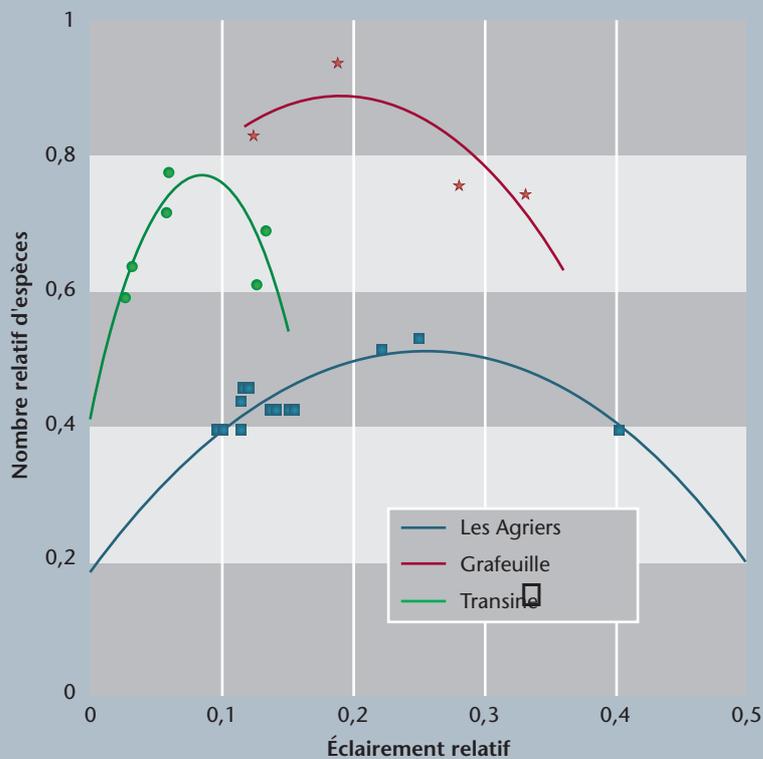


Figure 3 – Évolution du taux de couverture (TC) de la végétation du sous-bois en fonction de l'éclairement relatif moyen (ER) sous divers peuplements de mélèze



Le pourcentage de recouvrement pour une strate donnée varie de 0 (sol nu) à 1 (100 % du sol occupé). Le taux de couverture est la somme des 4 strates relevées : muscinale, herbacée, arbustive et arborée (exception faite des mélèzes). Il peut donc varier potentiellement de 0 (sol nu) à 4 (superposition totale des 4 strates).

Figure 4 – Exemple d'évolutions du nombre relatif d'espèces végétales du sous-bois en fonction de l'éclairement relatif moyen sous couvert de mélèze pour 3 sites



Le nombre relatif d'espèces correspond au nombre d'espèces trouvées sur une parcelle donnée divisé par le nombre total d'espèces trouvées sur l'ensemble des parcelles du même site. Il permet de comparer différents sites entre eux indépendamment de leur richesse écologique en espèces.

Quoi qu'il en soit, l'éclairement relatif moyen en sous-bois de mélèze peut donc être estimé par la surface terrière et l'âge du peuplement selon la relation (dans la limite de validité d'une surface terrière comprise entre 10 et 50 m²/ha et d'un âge du peuplement entre 10 et 90 ans) :

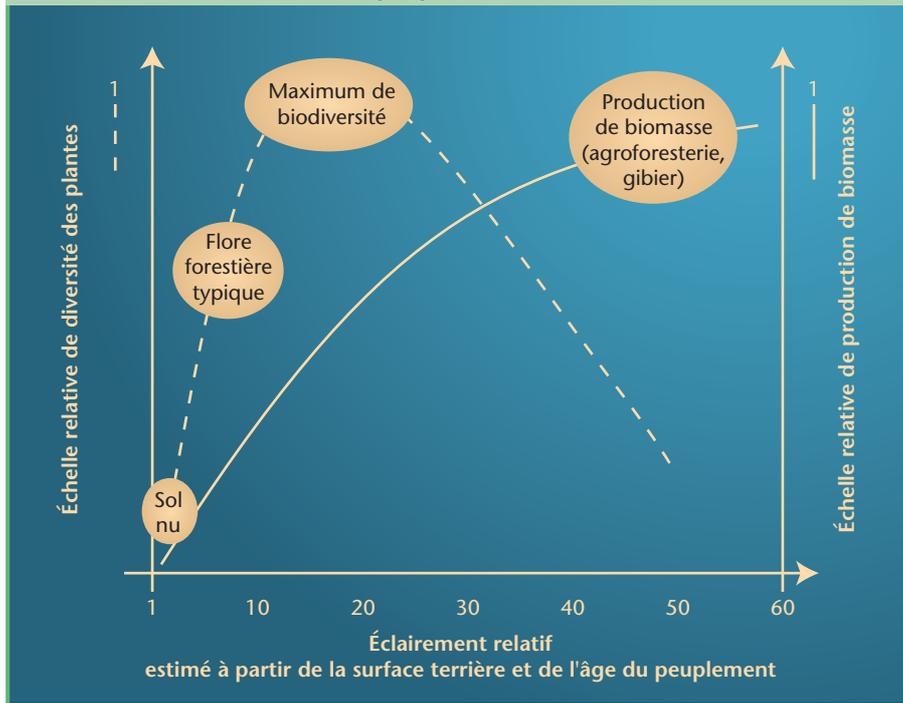
$ER = \exp[(-0,114 \times G) + (0,021 \times \hat{AGE})]$
Avec ER, l'éclairement relatif moyen du sous-bois (sans unité), G la surface terrière en m²/ha et ÂGE, l'âge moyen du peuplement en année ($R^2 = 93,2\%$, $p < 0,0001$).

DIVERSITÉ VÉGÉTALE, PRODUCTION DE BIOMASSE ET ÉCLAIREMENT DU SOUS-BOIS

Globalement, le recouvrement des espèces végétales du sous-bois, et donc la biomasse totale produite augmentent très rapidement lorsque l'on passe d'environ 2 % (sol nu) à environ 15 % d'éclairement relatif moyen (figure 3). Ensuite, la production de biomasse continue à augmenter avec l'éclairement mais de façon plus lente. Finalement accroître l'éclairement au-delà de 40 % ne semble plus accroître la biomasse. De semblables évolutions du taux de recouvrement des espèces avec l'éclairement ont déjà été reportées pour d'autres espèces d'arbres et dans d'autres contextes climatiques¹⁰ tout comme la valeur d'environ 40 % d'éclairement pour avoir le maximum de production de biomasse¹¹.

Généralement, la richesse en espèces végétales augmente avec l'éclairement du sous-bois¹², tout au moins jusqu'à un plafond après lequel elle diminue (figure 4). Cette courbe en cloche est pratiquement toujours observée mais le pourcentage de lumière pour lequel on atteint le maximum d'espèces (le maximum de biodiversité) peut cependant varier d'un site à l'autre, en fonction des conditions écologiques du milieu et de la composition en espèces végétales (figure 4). La diminution du nombre d'espèces végétales au-delà d'une certaine valeur de lumière s'explique généralement par l'envahissement du milieu par un nombre limité d'espèces qui répondent très fortement et très rapidement à la lumière. Ce sont généralement des plantes très « agressives » en termes de compétitivité vis à vis des autres plantes telles que la fougère aigle (*Pteri-*

Figure 5 – Représentation schématique de l'évolution de la végétation du sous-bois en fonction de l'éclairage relatif moyen sous des peuplements de mélèze



dium aquilinum), la ronce (*Rubus fruticosus*) ou la callune (*Calluna vulgaris*). Elles colonisent rapidement l'espace disponible en éliminant les espèces les plus sensibles. La littérature écologique explique ce fait par l'exacerbation de la compétition entre les espèces avec l'augmentation des ressources disponibles¹⁰, ici la lumière. À l'autre extrême, peu d'espèces végétales peuvent survivre longtemps à des taux de lumière très bas, expliquant la très faible richesse spécifique aux éclaircissements inférieurs à 5 %.

TIRER PARTI DE LA LUMIÈRE POUR ATTEINDRE DES OBJECTIFS DIVERS

On le voit donc, en fonction de l'éclaircissement sous le couvert arboré, la végétation du sous-bois pourra prendre des aspects variés et avoir des compositions et des recouvrements très différents. Du sol nu obtenu pour les très faibles éclaircissements (< 2 %), en passant par la flore forestière légère typique (de 2 à 10 % d'éclaircissement environ), à un maximum de biodiversité végétale (10 à 20 % d'éclaircissement environ), et à la production de biomasse au-delà (> 20 % d'éclaircissement avec un optimum vers 40 %) pour le gibier ou la production de fourrage en agroforesterie¹¹, le forestier a le choix (figure 5). Les valeurs seuils d'éclaircissement

données ne sont bien sûr qu'approximatives et peuvent varier d'un milieu à un autre (figure 4). Notons que certains objectifs ne pourront pas être compatibles entre eux comme par exemple l'optimisation de la biodiversité avec celle de la production maximale de biomasse (figure 5). Le forestier doit alors faire des choix. Grâce à la relation liant l'éclaircissement du sous-bois avec la surface terrière et l'âge du peuplement (figure 2), il peut aisément calculer la pression de prélèvement à effectuer lors d'une éclaircie pour obtenir telle ou telle surface terrière et donc tel ou tel éclaircissement et ainsi parvenir aux objectifs fixés. ■

Bibliographie sommaire

- ¹ PERRIN H. [1963]. *Sylviculture*. 2^{ème} éd., École Nationale des Eaux et des Forêts, Nancy, France, 174, 202.
- ² BALANDIER P., GUITTON J. L., PRÉVOSTO B. [2003]. Forest restoration in the french massif central mountains. In *Restoration of Boreal and Temperate Forests*, MADSEN P., STANTURF J. (Eds.), CRC/Lewis Press, à paraître.
- ³ PAUWELS D., LEJEUNE P., BALANDIER P., RONDEUX J. [2002]. A silvicultural decision support system for pure larch stands : helping managers to meet their goals. 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, 322-331.
- ⁴ DAI X. [1996]. Influence of light conditions in canopy gaps on forest regeneration : a new gap light index and its application in a boreal forest in east-central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 84, 187-197.

⁵ AUSSENAC G. [1986]. La maîtrise du microclimat en plantation. *Revue Forestière Française* 38(3) 285-292.

⁶ AUSSENAC G., GRANIER A., NAUD R. [1984]. Éclaircie systématique dans un jeune peuplement de Douglas : modifications microclimatiques et influences sur la croissance. *Revue Forestière Française* 36(4) 279-288.

⁷ BAILLY A. [1992]. Éclaircir les peuplements résineux : un impératif écologique. *AFOCEL-ARMEF, Informations-Forêt* 4, 342-348.

⁸ SMITH H. [2000]. Plant architecture and light signals. In *Leaf development and canopy growth*, MARSHALL B., ROBERTS J. A., eds, Sheffield Academic Press Ltd, CRC Press, 118-144.

⁹ VERTESSY R. A., BENYON R. G., O'SULLIVAN S. K., GRIBBEN P. R. [1995]. Relationships between stem diameter, sapwood area, leaf area and transpiration in a young mountain ash forest. *Tree Physiology*, 15, 559-567.

¹⁰ THOMAS S. C., HALPERN C. B., FALK D. A., LIGUORI D. A., AUSTIN K. A. [1999]. Plant diversity in managed forests : understory responses to thinning and fertilization. *Ecological Applications* 9(3), 864-879.

¹¹ BALANDIER P., RAPEY H., RUCHAUD F., DE MONTARD F. X. [2002]. Agroforesterie en Europe de l'Ouest : pratiques et expérimentations sylvopastorales des montagnes de la zone tempérée. *Cahiers Agricultures*, 11, 103-113.

¹² BALANDIER P., LANDRÉ 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 *Popular 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.

Remerciements

Cette étude a bénéficié d'une aide financière de la Communauté Européenne dans le cadre du projet Towards a European Larch Wood Chain.

PHILIPPE BALANDIER

CEMAGREF

Centre de Clermont-Ferrand
Équipe écologie appliquée des milieux boisés
av. des Landais, 24
BP 50085
F-63172 Aubière Cedex
Tél. : + 33 4 73 44 06 23
Fax : + 33 4 73 44 06 98
philippe.balandier@cemagref.fr

DOMINIQUE PAUWELS

Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux
Unité de Gestion et Économie Forestières
passage des déportés, 2
B-5030 Gembloux