



HAL
open science

Comment estimer la lumière dans le sous-bois forestier à partir des caractéristiques dendrométriques des peuplements ?

Philippe Balandier, A. Marquier, Sandrine Perret, Catherine C. Collet, B. Courbaud

► To cite this version:

Philippe Balandier, A. Marquier, Sandrine Perret, Catherine C. Collet, B. Courbaud. Comment estimer la lumière dans le sous-bois forestier à partir des caractéristiques dendrométriques des peuplements ?. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2010, 27-28 (27-28), p. 52 - p. 58. hal-00504405

HAL Id: hal-00504405

<https://hal.science/hal-00504405>

Submitted on 20 Jul 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Comment estimer la lumière dans le sous-bois forestier à partir des caractéristiques dendrométriques des peuplements ?

La lumière pilote de nombreux processus en forêt. Son dosage est souvent à la base de la sylviculture. Elle n'est cependant pas facilement appréhendable ou mesurable sur le terrain. C'est pourquoi son estimation, par exemple en établissant des relations entre la lumière sous couvert et les caractéristiques dendrométriques des peuplements, serait une aide précieuse pour définir différents itinéraires techniques. Dans quelle mesure cela est-il possible ? Cet article fait le point des connaissances actuelles en la matière, en peuplements réguliers puis irréguliers et/ou mélangés.

La lumière pilote de nombreux processus en forêt

La lumière (voir encadré 1) a un rôle biologique fondamental. Elle a probablement été un facteur essentiel de la formation et du développement de la vie sur terre, tant par le maintien d'une température ambiante favorable que par les réactions photochimiques qu'elle permet, notamment la photosynthèse. En forêt la lumière traverse une structure complexe constituée d'éléments (feuilles, branches, troncs) ayant des propriétés optiques spécifiques, qui tour à tour la réfléchissent, l'absorbent ou la transmettent. Sa quantité et sa qualité sont fortement modifiées au fur et à mesure de sa traversée de la canopée. De plus, l'hétérogénéité du couvert crée de nombreuses taches d'ombre ou de lumière, de tailles variables et se déplaçant avec le temps, depuis les petites taches centimétriques jusqu'aux grandes trouées décamétriques. En fonction de leur dimension, elles reçoivent un éclairage direct sur des durées variant de quelques secondes à plusieurs heures. Les effets de la saison ou des conditions météorologiques du moment (journée ensoleillée ou bien nuageuse) sur les caractéristiques de l'éclairage incident ne sont pas moindres.

C'est la combinaison de tous ces facteurs qui va déterminer la quantité et la qualité de la lumière parvenant au niveau du sol et donc le microclimat du sous-bois, la composition et la dynamique de la flore (Balandier et Pauwels, 2002), les possibilités de régénération des arbres et les habitats de la faune et de la microfaune. Les plantes, et en particulier les jeunes arbres forestiers, réagissent souvent très vite aux modifications de l'environnement lumineux (voir Collet, ce même numéro). Quand la lumière est réduite, elles entrent en compétition pour accéder à cette ressource devenue limitante. Elles adaptent leur appareil foliaire pour capter le maximum d'énergie lumineuse ainsi que leur croissance et leur forme pour continuer à accéder à 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 ou de leur recouvrement, en fonction de leur tolérance à l'ombrage. Pour beaucoup d'espèces, nous possédons un certain nombre de données pour quantifier (au moins de façon grossière) ces diverses relations. Pour les grandes

essences forestières, on dispose de valeurs seuils de quantité de lumière nécessaire à la survie, à la croissance et au bon développement des arbres dans les jeunes stades (Dreyer et al., 2005 ; Vinkler et al., 2007). Ces valeurs diffèrent fortement entre les essences et le dosage de la quantité de lumière parvenant au sol permet de contrôler leur développement relatif.

La sylviculture vise à doser la quantité de lumière dans le sous-bois

Pour toutes ces raisons le forestier a de tout temps cherché à doser la quantité de lumière parvenant au sol, par le biais de la sylviculture pratiquée et plus spécifiquement des éclaircies. Si les niveaux de lumière requis pour diriger la dynamique des différents processus dans une direction souhaitée sont plus ou moins bien connus, il manque encore au sylviculteur des outils qui lui permettent d'estimer les niveaux de lumière régnant sous le couvert. Mesurer directement la lumière dans le sous-bois n'est pas aisé à cause de la grande variabilité spatiale et temporelle de sa distribution, mais aussi parce que les systèmes de mesure existant actuelle-

1 - Lumière, loi de Beer-Lambert et transmittance du couvert

Le spectre solaire correspond à la répartition des ondes du rayonnement électromagnétique du soleil. Le rayonnement solaire est modifié quantitativement et qualitativement lors de son passage dans l'atmosphère ; cette dernière l'absorbe et le disperse sélectivement, changeant le flux et le spectre atteignant la terre. Le rayonnement solaire parvenant au sol est appelé rayonnement global. Il est constitué de deux types de rayonnement :

- le rayonnement direct, qui parvient directement du disque solaire après la traversée de l'atmosphère.
- le rayonnement diffus, qui provient de la diffusion dans l'atmosphère d'une partie du rayonnement solaire ; il parvient de l'ensemble de la voûte céleste.

La qualité du rayonnement global incident résulte de l'importance relative de ces deux composantes et dépend donc de la latitude, de l'heure, de la saison, de l'altitude du lieu et des conditions atmosphériques.

Le spectre solaire s'étale entre 300 et 3 000 nanomètres (nm). La lumière est l'ensemble des rayonnements électromagnétiques visible par l'œil humain, dont les longueurs d'onde sont comprises entre 380 et 780 nm. Le rayonnement photosynthétiquement actif (RPA) correspond à la fraction du rayonnement utile pour la photosynthèse (400 – 700 nm).

La loi de Beer-Lambert décrit la diminution exponentielle d'un rayonnement lors de sa traversée d'un milieu trouble. Par analogie on peut appliquer cette loi aux canopées végétales. On considère alors les houppiers comme remplis uniformément et aléatoirement de petites particules de feuilles ayant une densité D (figure ci-dessous). Soit un rayon incident I_0 parvenant à la surface d'un houppier. Sa probabilité d'interception par le houppier est fonction de la longueur L du trajet dans le houppier et de sa densité foliaire D . I est le rayon finalement transmis par le houppier.

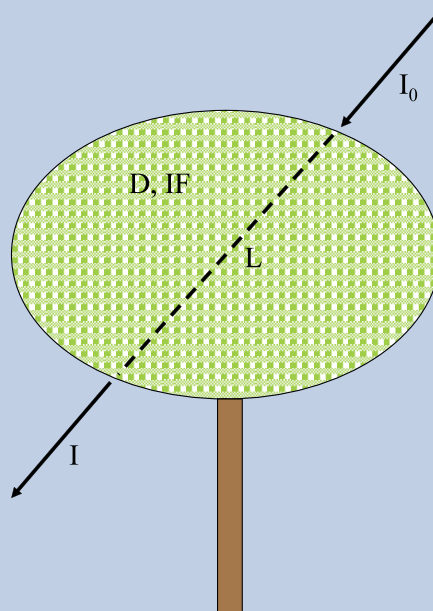
La relation de Beer-Lambert s'écrit alors :

$$I = I_0 \cdot \exp(-k \cdot L \cdot D),$$

k étant le coefficient d'extinction du couvert. I/I_0 définit la transmittance T du couvert, c'est-à-dire la proportion de lumière parvenant au sol. En pratique elle peut s'estimer par la mesure sous la canopée de I et simultanément de I_0 dans un lieu à découvert proche du peuplement forestier. D et L ne se mesurent pas facilement. C'est pourquoi on utilise plus fréquemment l'indice foliaire IF qui correspond à la surface foliaire de la canopée par unité de sol (m^2 de feuille par m^2 de sol) qui prend en quelque sorte en compte D et L . La relation s'écrit alors :

$$T = I/I_0 = \exp(-k \cdot IF).$$

Comme l'indice foliaire n'est lui-même pas toujours facilement mesurable, on lui substitue souvent des variables plus facilement appréhendables, comme par exemple la surface terrière, avec lesquelles il est lié.



ment sont fragiles, coûteux, et souvent lourds à mettre en œuvre. Une alternative est de disposer de relations liant le niveau de lumière sous couvert à certaines caractéristiques dendrométriques du peuplement, que le sylviculteur pourrait aisément mesurer. Ces relations permettraient ainsi d'estimer assez simplement la lumière. Dans cet article, nous présentons certaines relations obtenues entre différentes caractéristiques dendrométriques et la quantité de lumière disponible en sous-bois et nous discutons des perspectives ouvertes par cette approche et de ses principales limitations, notamment pour les peuplements irréguliers et/ou mélangés.

La surface terrière est un bon indicateur de l'éclairement en peuplement régulier

En peuplement pur et régulier, dans lequel les arbres appartiennent à une même strate et ont une répartition relativement uniforme dans le peuplement, la distribution de la lumière dans le sous-bois peut être assez facilement appréhendée par des variables dendrométriques simples. Le pourcentage de couvert, la densité du peuplement, le facteur d'espacement, parfois la hauteur des arbres sont des variables pertinentes pour estimer la lumière. Cependant, la variable la plus simple qui permet d'estimer avec une assez bonne précision la lumière dans le sous-bois est encore la surface terrière du peuplement, G ($m^2 \text{ ha}^{-1}$). La surface terrière rend assez bien compte de l'indice foliaire du peuplement (voir encadré 1), tout au moins en absence de perturbations récentes. Par analogie à la loi de Beer-Lambert on montre alors que la transmittance moyenne journalière T décroît de façon exponentielle quand la surface terrière du peuplement augmente : $T = \exp(-k \cdot G)$, k étant le coefficient d'extinction du peuplement (voir Sonohat *et al.*, 2004 et Balandier *et al.*, 2006 pour le détail des calculs). Le paramètre k est dif-

férent d'une espèce à une autre ; à surface terrière égale elles n'interceptent donc pas toutes la lumière de la même façon (figure 1).

L'existence d'une bonne relation entre la surface terrière et la transmittance suppose que la relation qui lie la surface terrière du peuplement à son indice foliaire, à la base de l'interception de la lumière, soit stable dans le temps. Dans le cas contraire, il est nécessaire d'introduire dans l'équation des variables supplémentaires, qui permettent de tenir compte de ces variations temporelles. Ainsi, la prise en compte de l'âge du peuplement ou bien des caractéristiques de la dernière éclaircie (temps écoulé depuis la dernière éclaircie et intensité d'éclaircie) peuvent améliorer sensiblement la prédiction de la transmittance (Sonohat *et al.*, 2004). L'âge rend compte d'une augmentation de la surface foliaire des arbres dans le jeune âge et d'une diminution progressive avec leur vieillissement, toute proportion gardée par rapport à leur surface conductrice de tronc et indépendamment de la densité du peuplement. Les caractéristiques de la dernière éclaircie ont un peu un rôle semblable mais sur le court terme (quelques années).

La lumière n'est jamais uniforme sous le couvert

La lumière transmise dans le sous-bois présente une forte variabilité temporelle et spatiale autour de la moyenne. La variabilité temporelle intègre différentes échelles de temps : des variations journalières déterminées essentiellement par la trajectoire du soleil, des variations saisonnières (diminution très rapide de la transmittance avec la mise en place des feuilles en début de saison, notamment pour les essences feuillues, puis augmentation significative dès le mois d'août lorsque les feuilles sénescents commencent à tomber) et enfin des variations interannuelles déterminées par les épisodes d'ouverture et de ferme-

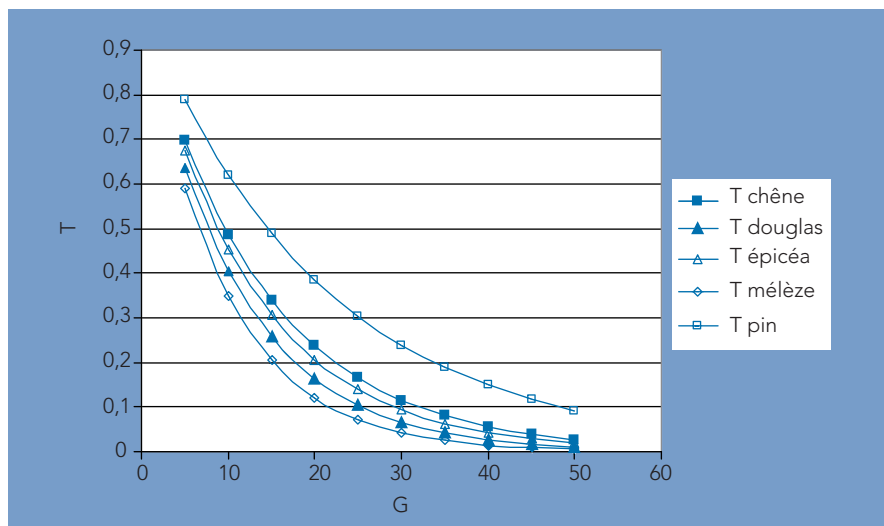


Fig. 1 : décroissance exponentielle de la lumière moyenne journalière transmise dans le sous-bois (T, transmittance), au milieu de la saison de végétation, par diverses essences en peuplements réguliers en fonction de leur surface terrière G (m² ha⁻¹)

ture du couvert (chablis, coupes...). Sur le plan de la variabilité spatiale, même en peuplement pur et régulier, la lumière transmise présente une variabilité significative. Cette variabilité, mesurée par le coefficient de variation ((écart-type/moyenne)*100) s'établit autour de 20 %, quelle que soit la parcelle considérée et sa surface terrière.

La variabilité spatiale augmente très fortement en peuplement hétérogène

En peuplement hétérogène, c'est-à-dire présentant une forte variabilité de structure spatiale verticale ou horizontale (présence d'arbres de différentes espèces, de différentes dimensions, de trouées de dimensions et de formes variées), la variabilité spatiale de la lumière transmise au sol augmente très fortement. En moyenne à l'échelle d'une placette la transmittance peut être prédite par la surface terrière du peuplement (voir encadré 2) mais cette moyenne n'a guère de sens quand la transmittance mesurée à quelques mètres de distance peut varier de plus de 120 %. Cette variabilité est forte pour tous les niveaux de surface terrière (sauf bien sûr en peuplement complètement fermé).

Les variables caractérisant des grandeurs moyennes de peuplement ne suffisent donc plus pour prédire un éclaircissement local. Cependant, même des variables reflétant la structure locale du peuplement ne permettent pas de bonnes prédictions de la lumière, ou bien demandent des mesures trop lourdes pour pouvoir être utilisées en routine (surface de houppier des arbres par exemple, voir encadré 2). Par ailleurs les variables dendrométriques qui pourraient être utilisées sur une parcelle ne le seront pas forcément pour une autre. Il est aussi intéressant de signaler que la distance sur laquelle les variables du peuplement décrites localement permettent d'estimer la lumière dépend de la fermeture du couvert local, et donc de la quantité de lumière transmise. Ainsi dans une étude sur la forêt de Lorris (voir encadré 2) les mesures montrent qu'à faible niveau de transmittance (0,0-1), la densité des arbres précomptables sur un rayon de 6 m centré sur la zone d'intérêt a donné une bonne indication de la lumière, alors qu'à fort niveau de transmittance (0,2-1), c'est la densité sur un rayon de 20 m qui fournit le meilleur estimateur.

2 - Prédire la lumière en peuplement hétérogène : des résultats contrastés

Dans le cadre du projet ECOGER sur les forêts mélangées, 11 placettes présentant différents niveaux d'hétérogénéité du couvert et réparties dans la chaîne des Puys, en forêt d'Orléans et sur le Mont-Ventoux, ont été sélectionnées pour étudier les relations entre structure du couvert et éclairage transmis. Une caractérisation dendrométrique fine de leur structure (cartographie des arbres, de leur diamètre, hauteur, longueur et surface de houppier) et des mesures de lumière selon un maillage régulier ont été faites. Sur l'ensemble des sites, les essences considérées, souvent en mélange, étaient principalement le pin noir, le pin sylvestre, le chêne sessile, le bouleau, le hêtre, l'alisier torminal et le sapin. La surface terrière moyenne variait de 14 à 54 m², avec parfois de très fortes hétérogénéités locales. La transmittance moyenne par placette a varié de 0,05 à 0,54 et l'application de la relation liant la transmittance à la surface terrière du peuplement, $T = \exp(-k \cdot G)$, donne une prédiction correcte ($R^2 = 57\%$). Cependant cette moyenne n'a pas vraiment de sens si l'on considère la très forte variabilité spatiale au sein même des placettes (coefficient de variabilité dépassant parfois les 120%). Sur une parcelle du Mont-Ventoux nous avons par exemple relevé des transmittances s'échelonnant de 0,006 à 0,56 sur les 64 points de mesure. Nous avons tenté de relier la transmittance mesurée par un capteur à différentes variables dendrométriques relevées sur des disques de rayons variables (de 0,5 à 2 fois la hauteur de l'arbre moyen) centrés sur la mesure de lumière. Parmi les différentes variables testées, la somme des surfaces des houppiers, la densité des arbres ou la surface terrière sont les variables rendant le mieux compte de la transmittance mais avec une prédictibilité moyenne à faible ($R^2 = 62\%$, 50% et 24% , respectivement). La prise en compte de l'azimut des arbres apporte un gain de précision ($R^2 = 38\%$) mais cette variable n'est pas aisée à mesurer en routine. Il faut noter qu'en fonction des placettes et de leur structure spatiale, ce ne sont pas les mêmes variables qui donnent les meilleurs résultats.

En forêt d'Orléans, massif de Lorris, 40 placettes circulaires ont été implantées dans des peuplements mélangés à base de chêne et de pin sylvestre pour étudier la croissance de semis et gaules de pin sylvestre dans des conditions de luminosité contrastées. Une mesure de lumière a été réalisée par un capteur positionné au centre de la placette, à une hauteur variable correspondant à la

hauteur totale du pin étudié, soit entre 0,5 et 6 m. Le peuplement environnant a été décrit (essence, diamètre, hauteur du plus gros arbre) sur trois disques concentriques emboîtés de rayon égal à la hauteur du pin, égal à 6 m ou bien égal à 20 m. La transmittance mesurée varie de 0,03 à 0,93 pour une gamme de surface terrière allant de 8 à 31 m². Dans ce contexte de peuplements hétérogènes présentant une forte variabilité horizontale, la surface terrière mesurée sur 20 m explique peu les variations de lumière transmise ($R^2 = 28\%$). L'introduction de la proportion de chêne et de pin n'améliore pas l'estimation, contrairement à ce que l'on aurait pu attendre compte tenu des différences entre les coefficients d'extinction des deux espèces (figure 1). Les variables mesurées sur un cercle plus restreint – surface terrière sur 6 m, densité totale sur 6 m, distance à l'arbre précomptable le plus proche — utilisées seules, ne sont pas plus performantes. Il est nécessaire d'associer plusieurs variables pour obtenir une indication satisfaisante de la lumière transmise : surface terrière du peuplement environnant, hauteur de mesure de la lumière, nombre de tiges du sous-étage, distance à l'arbre précomptable le plus proche et surface terrière locale (6 m) ($R^2 = 68\%$).

En forêt du Graouilly (57), dans un ancien TSF contenant de nombreuses essences en mélange, nous avons étudié les relations entre structure du couvert et éclairage transmis. Une description de l'ensemble du peuplement (1 ha) a été effectuée (localisation, hauteur, diamètre et dimensions des houppiers de tous les arbres). Un modèle de transmission de lumière a été appliqué sur une maquette du peuplement. Les valeurs fournies par le modèle ont été mises en relation avec différentes variables dendrométriques caractérisant la structure locale du peuplement : surface terrière ou somme des surfaces de houppier, calculées sur des cercles de rayon variable (de 10 à 50 m) et sur différents secteurs angulaires (est, ouest, nord, sud) et pondérées ou non par les hauteurs de houppiers. Les différents indices dendrométriques calculés ont montré que la surface terrière ou la somme des surfaces de houppiers avaient un lien évident avec la quantité de lumière transmise. Néanmoins, ces variables se sont révélées insuffisantes pour prédire de manière satisfaisante la lumière transmise en un point donné du peuplement (Piboule, 2005).

Définir l'hétérogénéité du peuplement

Un problème majeur est donc de quantifier l'hétérogénéité d'un peuplement et la valeur seuil d'hétérogénéité où l'utilisation de variables représentant des grandeurs moyennes calculées à des échelles locales ou plus larges ne permet plus de prédire la lumière transmise en un point du peuplement. Or, la structure spatiale de peuplements hétérogènes est difficile à décrire. La définition même de ce qu'est une trouée et comment la mesurer reste assez polémique. Si l'on dispose d'une cartographie des arbres (leur localisation au sol), la structure spatiale en deux dimensions du peuplement peut être caractérisée par des indices mathématiques, par exemple basés sur les distances entre arbres. On peut alors situer le peuplement par rapport à des distributions théoriques régulières, aléatoires ou agrégées (Goreaud et al., 2007). L'utilisation d'un tel indice de structure spatiale, en complément du couvert par strate ou de la surface terrière permet d'améliorer la prédiction par les modèles de la lumière moyenne au sol et de sa variabilité. Cependant une difficulté supplémentaire s'ajoute lorsque la structure verticale du peuplement est également hétérogène. Il faut alors obtenir une description en trois dimensions du peuplement.

Peut-on utiliser facilement l'outil de modélisation pour prédire la lumière ?

S'il est difficile d'utiliser directement des variables dendrométriques pour calculer la lumière en un point donné, une alternative est l'utilisation de maquettes informatiques de peuplement et des modèles de transmission de lumière simulant la distribution de l'éclairement sous le peuplement (figure 2).

Cette approche est très coûteuse en termes de données à acquérir pour constituer les maquettes. Néanmoins, elle constitue un outil pour étudier les relations entre structure du couvert et éclairement transmis et pour analyser les conséquences de modification du couvert sur l'éclairement (éclaircies, chablis, dépérissement). Par exemple Gauquelin et al. (2008) utilise de telles approches pour simuler un marteloscope (voir ci-contre). La simulation des interventions proposées par les participants débouche généralement sur des distributions d'éclairement au sol très variables suivant les stratégies d'éclaircies : éclaircies par pied d'arbre ou par trouées, détournement d'arbres d'avenir. En analysant *a posteriori* le résultat de différentes interventions, les participants acquièrent progressivement une meilleure appréciation de l'effet de la sylviculture sur l'éclairement.

Cependant ces démarches de modélisation ne sont fonctionnelles que si l'échelle de description du peuplement est suffisamment fine, par exemple description des houppiers des arbres, cartographie de l'emplacement des arbres. Or, comme précédemment, ces variables ne sont pas mesurées en routine par le forestier et la méthode utilisant la modélisation a donc ses limites.

Vers de nouveaux outils

Des pistes sont cependant possibles. D'une part, utiliser l'outil de modélisation en lui-même pour tester la pertinence de différentes variables dendrométriques, et les retenir ou non, dans l'estimation d'un éclairement réaliste localement. D'autre part, à partir des outils de la statistique spatiale, développer des méthodes de reconstruction de peuplements virtuels réalistes (Goreaud et al., 2007). Il s'agit de générer une liste d'arbres définis par leur position, hauteur, diamètre, à partir d'un jeu de données limité pris sur un échantillon d'arbres et en vérifiant certaines contraintes de structure. Le peuplement (virtuel) obtenu ne correspond pas à la répartition spatiale réelle des arbres mais en présente les mêmes propriétés structurelles (présence d'agrégats, ou au contraire de trouées, etc.) Ces voies sont en

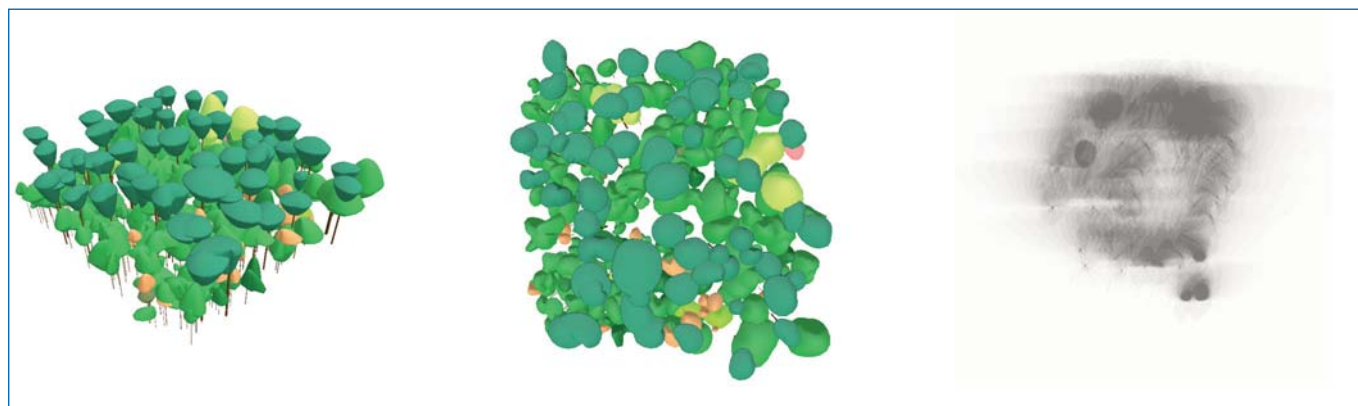


Fig. 2 : reconstitution informatique d'une placette mélangée essentiellement à base de pin sylvestre et de chêne (vue de 3/4 et de dessus) et simulation de la carte d'éclairement (Da Silva, 2008)

Utilisation pratique d'un modèle de croissance simulant la distribution de la lumière Application en martéloscope

par Xavier Gauquelin, ONF-DTCB

Dans le cadre de formations sur la sylviculture en forêt de montagne, l'ONF Rhône-Alpes utilise depuis l'année 2000 un réseau de martéloscopes, dont certains ont été couplés au modèle de croissance SAMSARA pour les peuplements irréguliers des Alpes du nord. Sur ces placettes ont été notés pour chaque arbre : essence, diamètre, hauteur, hauteur de la base du houppier, quatre rayons du houppier.

Les simulations d'interventions proposées par les stagiaires sont saisies :

- sur un tableur permettant d'analyser les caractéristiques quantitatives (nombre de tiges, surface terrière et volume prélevés ; dimensions de l'arbre moyen martelé) et qualitatives (évolution du mélange et du type de peuplement, nature de la coupe) du martelage fictif ;
- sur le logiciel CAPSIS en utilisant le modèle SAMSARA, pour apprécier la répartition spatiale des arbres martelés (pied à pied, par grandes ou petites trouées) et l'évolution probable du peuplement sur 20 à 25 années (croissance, mortalité, régénération).

L'évolution du peuplement est principalement simulée sur la base de la lumière reçue par chaque houppier d'arbre (qui commandera croissance ou mortalité), mais aussi de la lumière reçue au sol (qui permettra ou non l'installation de semis).

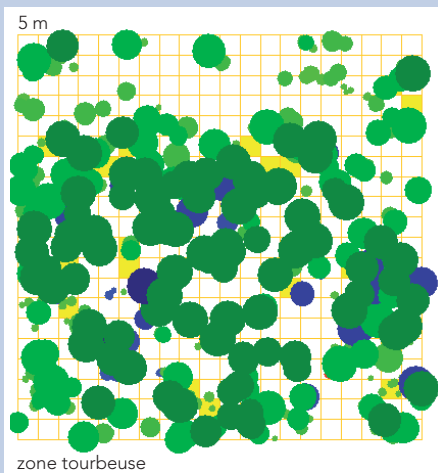
L'illustration ci-dessous donne l'exemple d'un exercice sur le martéloscope de Crest-Voland (Savoie). L'intervention fictive a permis :

- la mise en place de 3 petites trouées (dimensions moyennes de 25 à 40 m) apportant localement une lumière importante ;
- la récolte privilégiée de gros bois de qualité (diamètres 50 à 70 cm).

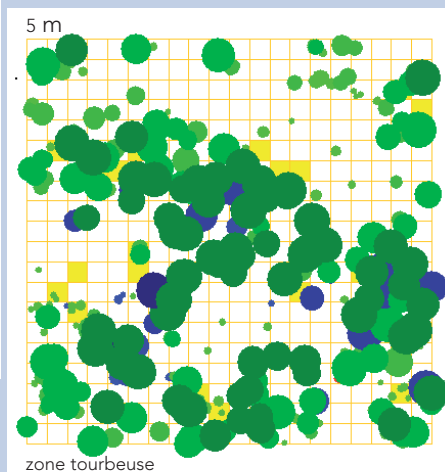
Après 25 années, le renouvellement du peuplement est assuré par l'obtention d'une régénération acquise d'Épicéa dans les seules trouées créées ; la structure irrégulière du peuplement est ainsi maintenue. Sans attendre jusque-là, une nouvelle récolte analogue est envisageable 15 à 20 ans après cette première intervention.

*Martéloscope de Crest-Voland (Savoie) - Evolution probable du peuplement
(Utilisation du modèle SAMSARA sous le logiciel CAPSIS)*

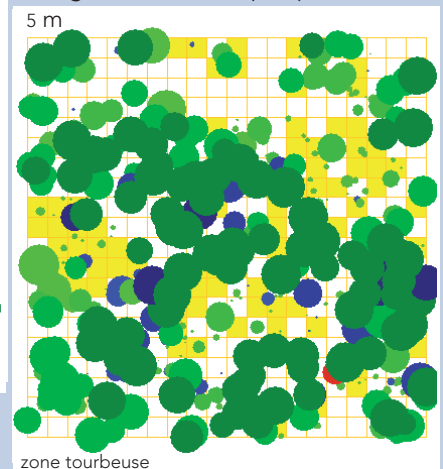
Année 0
Avant intervention



Année 0
Après coupe de 100 m³/ha,
en 3 trouées de 5 ares environ



Année 25
Régénération installée
dans les trouées ;
irrégularisation du peuplement



Légende

- Vert** : Epicéa
- Bleu** : Sapin
- Rouge** : Sorbier

La densité des couleurs correspond à la hauteur des 4 strates observées (strate haute : couleur foncée ; strate basse : couleur claire)
Carrés jaunes : présence de régénération inférieure à 1,30 m

Conditions stationnelles du site

Etage subalpin (1 600 m d'altitude)
Pente faible (0 à 30%) - Exposition nord-est
Alternance de zones rocheuses (Pessière très acidiphile) et de zones tourbeuses (tourbière de pente partiellement boisée)

cours d'évaluation. Enfin, utiliser les nouvelles technologies comme le laser scanner terrestre ou le LIDAR pour obtenir des descriptions réalistes des peuplements. Ces appareils permettent d'obtenir une « photographie » en trois dimensions des peuplements. Ces « photographies » pourraient alors être à la base des maquettes informatiques pour simuler l'interception de la lumière. Ces techniques sont également en cours d'évaluation.

En pratique

La prédiction de l'éclairement sous couvert forestier à partir de variables dendrométriques simples, prises en routine lors d'inventaires, est possible en peuplements réguliers. L'éclairement y est en effet peu variable, de sorte que le forestier peut calculer, par exemple, une surface terrière moyenne qu'il faudrait enlever en éclaircie pour favoriser la régénération de certaines espèces, favoriser certaines structures végétales pour créer des habitats particuliers ou bien d'autres processus dont nous connaissons l'optimum lumineux. La situation est plus complexe en peuplements mélangés et/ou irréguliers puisque la variabilité de l'éclairement conduit à une mosaïque d'optimum lumineux correspondant à divers processus ou objectifs. Localement tel éclairement peut favoriser la régénération d'une espèce donnée mais quelques mètres plus loin, l'éclairement sera suffisamment différent pour favoriser une autre espèce. Dans ce type de peuplement le forestier doit donc plus raisonner en terme de distribution de l'éclairement (pourcentage de surface du peuplement recevant 5, 10 ou x % de lumière) plutôt qu'en terme de moyenne. La mesure de variables dendrométriques simples ne peut pas répondre à cet objectif. En revanche, différents outils (statistiques, LIDAR), actuellement en cours d'étude et qui sont basés sur des approches de modélisation, permettront sans doute d'estimer la

distribution de la lumière dans un peuplement à partir de variables dendrométriques caractérisant sa structure.

Philippe BALANDIER

Cemagref Nogent-sur-Vernisson
Unité Écosystèmes Forestiers
et INRA Clermont-Ferrand
UMR547 PIAF
philippe.balandier@cemagref.fr

André MARQUIER

INRA Clermont-Ferrand
UMR547 PIAF

Sandrine PERRET

Cemagref Nogent-sur-Vernisson
Unité Écosystèmes Forestiers

Catherine COLLET

INRA/ AgroParisTech Nancy
UMR1092 - LERFoB

Benoît COURBAUD

Cemagref Grenoble
Unité Écosystèmes Montagnards

Bibliographie

BALANDIER P., PAUWELS D., 2002. La lumière, outil sylvicole pour favoriser la diversité végétale ou la gestion cynégétique des peuplements de mélèze (*Larix sp.*). Forêt Wallonne n° 61, pp. 9-13

BALANDIER P., SONOHAT G., SINOQUET H., VARLET-GRANCHER C., DUMAS Y., 2006. Characterisation, prediction and relationships between different wavebands of solar radiation transmitted in the understorey of even-aged oak (*Quercus petraea*, *Q. robur*) stands. *Trees*, vol. 20, pp. 363-370

DREYER E., COLLET C., MONTPIED P., SINOQUET H., 2005 Caractérisation de la tolérance à l'ombrage des jeunes semis de hêtre et comparaison avec les espèces associées. *Revue Forestière Française* vol. 57, pp. 175-188

DA SILVA D., BOUDON F., GODIN C., SINOQUET H., 2008. Multiscale framework for modeling and analyzing light interception by trees. *Multiscale Modeling and Simulations* vol. 7, n° 2, pp. 910-933

GAUQUELIN X., COURBAUD B., 2006. Guide de sylviculture des forêts de montagne - Alpes du Nord françaises. Cemagref - CRPF Rhône-Alpes - Office National des Forêts, 289 p.

GAUQUELIN X., COURBAUD B., FAY J., BERGER F., MERMIN E., 2008. Conduite de peuplements mélangés en forêt de montagne : exemple d'un transfert chercheurs-gestionnaires. *Revue Forestière Française* vol. LX, pp. 207-214

GOREAUD F., RÉGIS A., COURBAUD B., NGO BIENG M.A., PÉROT T., PIROCHE J.N., 2007. Simuler des peuplements de structures variées pour faciliter l'utilisation des modèles « arbre » spatialisés. *Revue Forestière Française* vol. LIX, pp. 137-161

PIBOULE A. 2005. Influence de la structure du peuplement forestier sur la distribution de l'éclairement sous couvert. Cas d'une forêt hétérogène feuillue sur plateau calcaire. Thèse de doctorat, ENGREF. 147 p.

ONF, 1997. La lumière et la forêt. Office national des forêts, Bulletin Technique n°34, 167 p.

SONOHAT G., BALANDIER P., RUCHAUD F., 2004. Predicting solar radiation transmittance in the understorey of even-aged coniferous stands in temperate forests. *Annals of Forest Science* vol. 61, pp. 629-641

VINKLER I., NINGRE F., COLLET C., 2007. Comportement du hêtre sous abri : les intérêts d'une bonne gestion du couvert. *Rendez-vous Techniques de l'ONF*, hors-série n° 2, pp. 48-58