

# 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](http://foretnature.be)

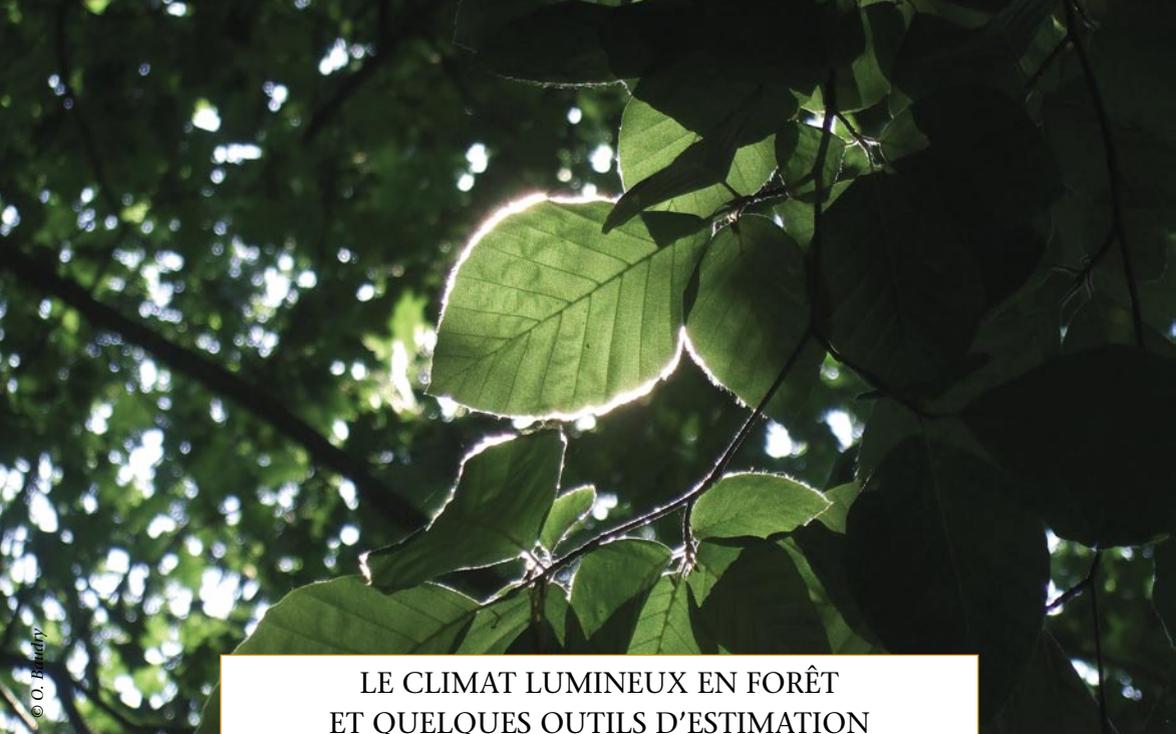
**Rédaction** : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. [info@foretnature.be](mailto:info@foretnature.be). T +32 (0)84 22 35 70

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**



## LE CLIMAT LUMINEUX EN FORÊT ET QUELQUES OUTILS D'ESTIMATION

OLIVIER BAUDRY – CHARLOTTE CHARMETANT – QUENTIN PONETTE

*Le rôle de la lumière dans la régénération de la forêt est connu empiriquement des forestiers depuis longtemps. Mais de quelle lumière parle-t-on ? Et comment la mesurer ? Des ponts sont-ils possibles entre mesure de la lumière et comportement des essences ? Voilà qui ouvre de nouvelles perspectives de gestion.*

**En** participant directement au bilan de carbone de la plante, la lumière est un facteur environnemental indispensable pour l'installation et le développement de la vie végétale<sup>12</sup>. Pour assurer sa survie, la plante doit assimiler par photosynthèse une quantité de carbone au moins égale à celle qu'elle perd. Durant une partie du processus de photosynthèse, la lumière permet aux végétaux l'acquisition des composés carbonés nécessaires au stockage des ressources ainsi qu'à l'établissement des structures d'exploration de l'espace, de défense et de stabilité.

En forêt, le facteur « lumière » est particulièrement variable dans le temps et dans l'espace, et ses caractéristiques sont difficiles à évaluer. Son estimation est pourtant nécessaire à tous les stades de développement des collectifs, dans les structures régulières comme irrégulières, que l'on souhaite renouveler le peuplement, maîtriser le développement de la végétation accompagnatrice, favoriser la croissance des arbres ou optimiser la qualité du bois. Il apparaît donc important d'informer le forestier sur la composition et la dynamique de la lumière, et de le

doter d'outils d'estimation du climat lumineux en forêt.

Cet article, rédigé dans le cadre du projet INTERREG « CoForKo - Coopération forestière/Forstliche Kooperation » (Région wallonne, Grand Duché du Luxembourg, Région Lorraine, Rhénanie-Palatinat), a pour objectifs de présenter les principales caractéristiques de la lumière en forêt et de décrire quelques outils susceptibles d'aider le gestionnaire dans l'estimation de cette variable. Une attention particulière sera accordée aux impacts de l'éclairage sur la régénération naturelle.

---

### POURQUOI MESURER LA LUMIÈRE ?

---

L'évaluation de l'ambiance lumineuse forestière est cruciale pour appréhender le fonctionnement de l'écosystème forestier. La lumière favorise l'installation et la survie de la strate herbacée ainsi que de la régénération naturelle ligneuse, leur croissance et leur développement. La lumière influence également la composition spécifique de la régénération naturelle ; en effet, les espèces tolèrent plus ou moins fortement des niveaux faibles de lumière, ce qui définit leur degré de tolérance à l'ombrage. D'autre part, le rayonnement modifie les propriétés et le fonctionnement des litières. Par ses variations rythmiques, l'éclairage imprime également la mesure du temps aux végétaux et participe à la phénologie des arbres (photopériodisme)<sup>10</sup>. Comprendre la dynamique de la lumière en forêt, c'est mieux comprendre le fonctionnement de cet écosystème.

Lors des phases de renouvellement naturel des peuplements forestiers, le dosage de la

lumière doit permettre l'apport approprié de rayonnement. Ce dosage est réalisé par le principal instrument de gestion : la coupe. La connaissance des valeurs optimales d'éclairage nécessaire à l'installation de la régénération et sa croissance ultérieure est fondamentale. L'optimisation de l'éclairage repose donc sur la prise en compte des tempéraments à la lumière des essences d'intérêt et des espèces accompagnatrices en présence ; les connaissances à ce sujet sont néanmoins parfois peu précises et méritent certainement une plus grande attention.

---

### QU'EST-CE QUE LA LUMIÈRE ?

---

#### Spectre et longueurs d'onde

La lumière est définie comme la partie du spectre solaire visible par l'œil humain<sup>10</sup>. Selon la théorie ondulatoire, elle est décrite comme un ensemble d'ondes électromagnétiques dont les longueurs d'onde sont comprises entre 400 et 740 nm<sup>8, 15</sup>. Les valeurs inférieures et supérieures à cet intervalle correspondent respectivement à l'ultra-violet et à l'infra-rouge (figure 1). La qualité de la lumière est définie par sa composition en longueurs d'onde, c'est-à-dire sa couleur.

On définit également la lumière, selon la théorie corpusculaire, comme un ensemble de particules appelées photons<sup>8</sup>. Chaque photon porte de l'énergie dont la quantité est inversement proportionnelle à la longueur d'onde. Sous cet aspect, la lumière peut être vue comme une « pluie » de photons. Les plantes possèdent des récepteurs photosynthétiques sensibles dans les longueurs d'onde situées entre 400 et 700 nm ; on désigne cet intervalle par « radiations photosynthétiques acti-

ves » ou en anglais « *photosynthetically active radiation - PAR* »<sup>8, 14</sup>.

### Modes d'expression de la lumière

Trois systèmes d'unités sont utilisés pour quantifier la lumière :

- lumineuse (effet induit par la lumière, en *Lumen*) ;
- énergétique (en *Watt*) ;
- photonique (en nombre de photons).

Ce dernier système d'unité est le plus pertinent pour étudier les processus photosynthétiques.

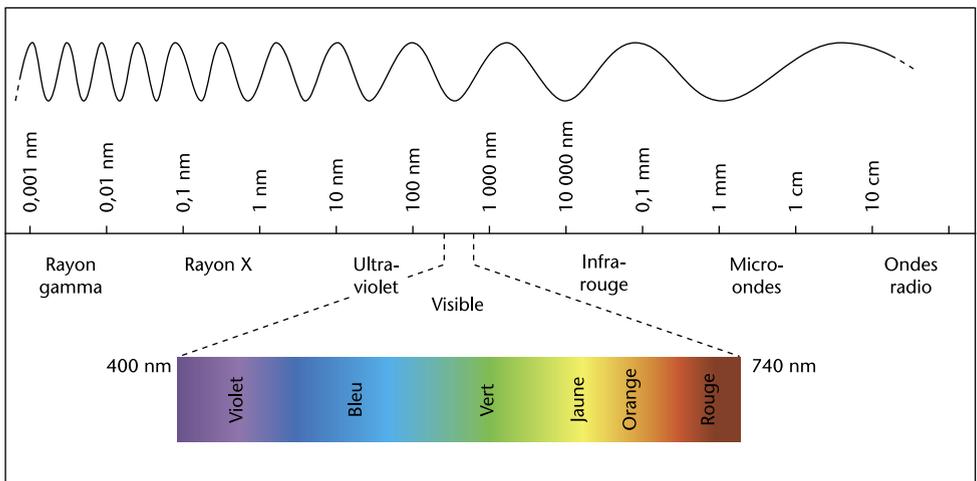
Le flux de photons est défini comme la quantité de photons incidents par unité de temps. L'éclairement correspond au flux reçu par unité de surface. Dans le système d'unité photonique, l'éclairement est exprimé en « micromoles de photons par seconde et par mètre carré » ( $\mu\text{mol photons} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

### Rayonnement direct et rayonnement diffus

Le rayonnement global possède deux composantes :

1. Les rayons lumineux dont la trajectoire depuis la source d'émission jusqu'à la surface de référence n'est pas modifiée constituent le *rayonnement direct*<sup>15</sup>. Ce type de rayonnement est très énergétique. Il correspond à celui qui existe, par temps clair, dans les grandes trouées ou les mises à blanc ainsi que dans les taches de lumière (« *sunflecks* » en anglais). Celles-ci sont de courte durée et proviennent de petites ouvertures dans la canopée, dues notamment au mouvement des feuilles. L'implication de ces taches de lumière dans le fonctionnement de la plante est encore aujourd'hui discutée.
2. L'ensemble des rayons dont la direction a été modifiée depuis l'émission forme le *rayonnement diffus* ; ce rayonnement

Figure 1 – La lumière correspond à la partie visible du spectre solaire (400 à 740 nm de longueur d'onde). Elle est comprise entre le rayonnement ultra-violet et l'infra-rouge<sup>8</sup>.



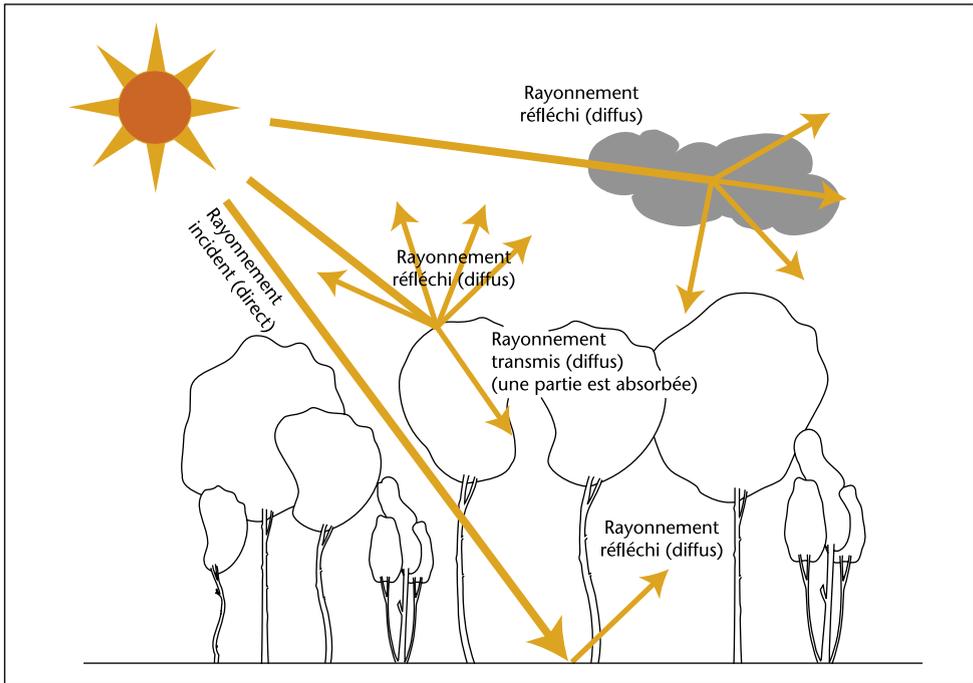


Figure 2 – Trajectoire du rayonnement lumineux depuis son émission. Le rayonnement global se décompose en rayonnement direct et diffus. La fraction diffuse du rayonnement n'a pas de direction préférentielle ; en forêt, elle provient de diffusion et de réflexion du rayon lumineux au travers de la canopée et/ou des nuages.

n'a pas de direction préférentielle et provient de l'ensemble de la voûte céleste<sup>15</sup>. Ce type de rayonnement est le plus fréquent en forêt. Par temps uniformément couvert, seule la fraction diffuse est observable.

### INTERACTIONS AVEC LE COUVERT FORESTIER

Depuis son émission par le soleil, le rayon lumineux voyage de manière rectiligne. Lorsqu'un obstacle est rencontré, la trajectoire des rayons est déviée par réflexion, réfraction ou diffusion\* (figure 2). Ces obstacles agissent comme des « filtres » ; la lumière est donc influencée en qualité

et en quantité par le type de couvert ainsi que par les propriétés atmosphériques, par exemple.

#### La fermeture du couvert

La *fermeture du couvert* (« *canopy closure* » en anglais) est définie comme la proportion de l'hémisphère céleste obstruée par la végétation en un point donné<sup>9</sup> (figure 3). La fermeture du couvert est une mesure angulaire qui permet d'intégrer la structure verticale du peuplement. Ce pa-

\* Lorsqu'une onde change de milieu de propagation, sa vitesse et son orientation sont modifiées ; l'onde est alors réfractée dans une direction déterminée. Dans le cas de la diffusion, l'onde est dispersée dans de multiples directions.

ramètre est utile pour étudier l'influence du couvert forestier sur le sous-étage, et notamment sur la régénération. La fermeture du couvert est la principale référence pour estimer le climat lumineux.

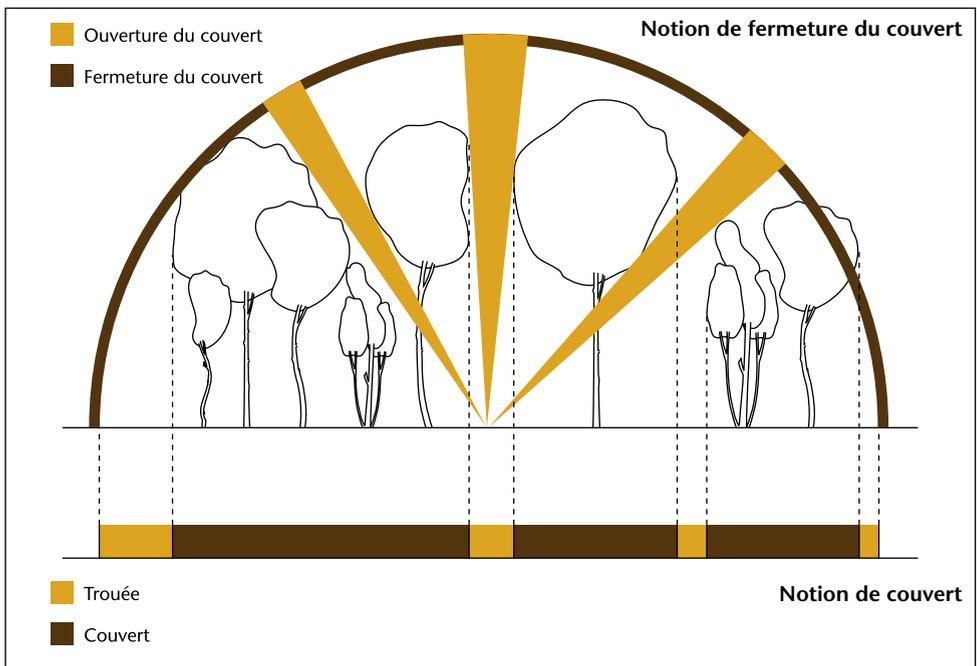
On parle de *degré de recouvrement* ou plus généralement de *couvert* (« *canopy cover* » en anglais) lorsque l'on considère uniquement la projection verticale au sol de la canopée. Le couvert est indépendant de la hauteur des arbres et de la structure verticale du peuplement. Ce critère est notamment utilisé pour définir les types de formations forestières. C'est également un paramètre à prendre en compte lorsque l'on s'intéresse, par exemple, à l'interception de la pluie et des éléments minéraux par le feuillage.

Les notions de *fermeture du couvert* et de *couvert*, pourtant souvent confondues, concernent donc bien des variables environnementales distinctes.

### Modifications de la qualité et de la quantité de la lumière par le couvert

Lorsque le rayonnement lumineux traverse le couvert, sa composition spectrale est modifiée et son intensité atténuée. Comme illustré sur la figure 2, le rayon lumineux est réfléchi, absorbé et/ou transmis par les feuilles, ou par tout autre obstacle de la canopée. La chlorophylle des feuilles absorbe les radiations bleues et rouges ; par contre, les radiations de couleur verte sont peu absorbées et sont donc réfléchies et transmises. En traversant la canopée,

Figure 3 – Illustration de la « fermeture du couvert » et du « couvert ». La fermeture du couvert s'estime d'un point donné et dans toutes les directions de l'hémisphère céleste. Le couvert concerne uniquement la projection verticale de la canopée.





*Les taches de lumière, ou « sunflecks », ponctuelles dans le temps et l'espace, constituent l'apport principal de rayonnement direct dans le sous-étage. À elles seules, elles ne garantiraient toutefois pas l'apport énergétique nécessaire à la survie et au développement d'une strate herbacée ou ligneuse.*

© O. Baudry

le rayonnement s'enrichit de la sorte en radiations de longueurs d'onde proches du vert ; c'est pourquoi nous percevons la couleur verte des feuilles.

Pour les peuplements à couvert homogène horizontalement, l'intensité du rayonnement sous le couvert (en « Z ») décroît exponentiellement depuis son arrivée à la surface de la canopée (en « 0 ») selon la relation :

$$\text{Éclairement}(Z) = \text{Éclairement}(0) \exp^{-k L(Z)}$$

Cette atténuation respecte la loi de Beer-Lambert avec un coefficient d'extinction (k) propre au peuplement en fonction de l'essence, de l'âge, de la densité, de l'historique... L(Z) équivaut à l'indice foliaire (LAI) depuis le sommet de la canopée jusqu'en « Z » ; cet indice exprime la densité du feuillage en ramenant la surface cumulée des feuilles – calculée en considérant une ou deux faces, selon les cas – à la surface totale du peuplement (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>).

### Variabilité spatio-temporelle sous le couvert

Les fortes variations de l'éclairement en milieu forestier sont liées à une combinaison de modifications spatiales et temporelles de facteurs physiques et de facteurs liés au couvert.

#### Facteurs « hors couvert »

La quantité et la qualité du rayonnement dépendent de facteurs physiques tels que le couvert nuageux, la latitude et la topographie, ou encore le temps. L'épaisseur du couvert nuageux détermine la proportion de rayonnement diffus ; elle fluctue à la fois dans le temps et dans l'espace. Par ailleurs, l'éclairement direct est modulé en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement lumineux, lui-même variant selon la latitude, la pente, l'exposition, la saison et le moment de la journée ; en effet, l'intensité du rayonnement direct est maximale lorsque celui-ci est perpendiculaire à la surface considérée.

### Facteurs « couvert »

Les rayons lumineux traversent ensuite la canopée, où, comme expliqué plus haut, ils sont modifiés par l'interaction avec différentes composantes de l'écosystème. La composition spécifique et la structure du peuplement influencent le climat lumineux du sous-étage. La hauteur des arbres, leurs caractéristiques morphologiques (densité foliaire, densité et orientation des branches...), leur phénologie, la répartition spatiale des vides dans la canopée sont particulièrement complexes, surtout dans les peuplements irréguliers<sup>9</sup>. Ces facteurs agissent sur les distributions verticale et horizontale de l'éclairement.

Dans les peuplements irréguliers, avec plusieurs étages de végétation, le profil vertical

d'atténuation de l'éclairement est progressif depuis le sommet de la canopée jusqu'au sol. À l'inverse, dans les structures à un seul étage (comme les futaies équiennes monospécifiques), l'atténuation de l'éclairement est brutale dans la canopée et se stabilise après le passage dans les houppiers. L'agencement horizontal des arbres au sein du peuplement, ainsi que la dimension des houppiers agissent eux sur le profil latéral de l'éclairement. En modulant la taille et la distribution spatiale des trouées, ainsi qu'en agissant sur la structure verticale, le forestier conditionne l'éclairement au sol.

La dynamique temporelle est également liée à celle du couvert. Suivant la phénologie du peuplement, la vitesse de re-fermeture du couvert, la défoliation des houppiers... l'apport de lumière varie durant et au fil des saisons de végétation.

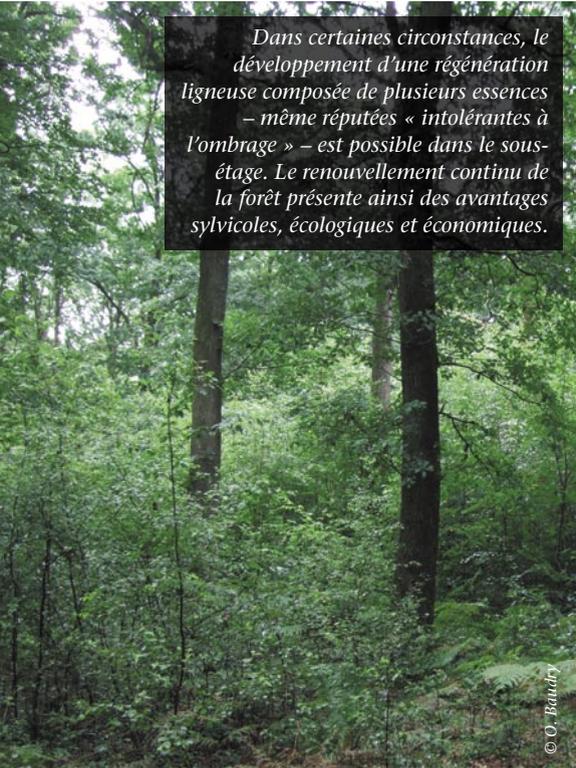
### Éclairement absolu et relatif

Toute mesure « absolue » de l'éclairement est rendue difficilement interprétable en raison de la variabilité spatio-temporelle du rayonnement. Si l'on souhaite comparer l'éclairement sous différents types de couvert, il est donc nécessaire de s'affranchir de la variabilité temporelle en exprimant les mesures en termes relatifs suivant l'expression :

$$\text{Éclairement relatif (\%)} = \frac{\text{Éclairement incident sous le couvert}}{\text{Éclairement incident au-dessus du couvert}} \times 100$$

Les mesures de l'éclairement au-dessus et sous le couvert doivent être réalisées simultanément.

Des recherches ont démontré que si les mesures sont effectuées dans des conditions où l'éclairement diffus domine lar-



*Dans certaines circonstances, le développement d'une régénération ligneuse composée de plusieurs essences – même réputées « intolérantes à l'ombrage » – est possible dans le sous-étage. Le renouvellement continu de la forêt présente ainsi des avantages sylvicoles, écologiques et économiques.*

© O. Baudry

gement, et à couvert identique, l'éclairement relatif est largement indépendant de la période de mesure<sup>13</sup>. Par ailleurs, la mesure de l'éclairement relatif dans ces conditions est reliée très étroitement à la quantité cumulée d'éclairement durant la période de végétation.

Compte-tenu de sa variabilité, la prédiction de l'éclairement dans le sous-étage apparaît difficile. Certains modèles empiriques tentent de prédire l'éclairement relatif au sol, principalement dans les peuplements réguliers. Basés sur la loi de Beer-Lambert, ils utilisent par exemple la surface terrière sur pied, le nombre d'arbres à l'hectare et/ou l'âge du peuplement pour estimer l'éclairement<sup>1,7</sup>. L'exercice est toutefois rendu plus délicat lorsque l'on s'éloigne de ce type de structure et est difficilement généralisable ; l'étape de mesure de terrain reste aujourd'hui indispensable. Dans les peuplements plus complexes, une approche alternative consiste à simuler l'éclairement à l'aide d'un modèle d'interception de la lumière, pour autant que l'on dispose d'une description spatialisée du peuplement effectif ou d'un peuplement initial « comparable » généré par simulation.

---

## MESURE ET ESTIMATION DE L'ÉCLAIREMENT

---

Le premier instrument dont nous disposons pour mesurer la lumière et estimer indirectement la fermeture du couvert est notre œil. Cependant, notre perception de la luminosité est très subjective, variable entre les observateurs et influencée par divers paramètres comme les conditions météorologiques, l'accoutumance, la fatigue ou encore l'environnement lumineux antérieur. Il s'avère de ce fait indispensa-

ble de disposer d'un instrument dont la mesure soit fiable, objective et répétable.

L'estimation du climat lumineux se fait généralement selon trois approches : soit par une mesure directe du rayonnement, soit via l'estimation de la fermeture du couvert ou encore via la reconstitution de la trajectoire solaire ; une quatrième approche consiste à s'appuyer sur des mesures dendrométriques.

### Mesure du rayonnement

#### *Papier photosensible*

Les papiers « Ozalid » ou papiers « Diazo » réagissent au contact de la lumière. Ils sont régulièrement utilisés pour estimer la quantité de lumière incidente au sol<sup>6,4</sup>. Disposés en petites piles réparties dans le peuplement d'étude, les papiers photosensibles sont exposés une journée à la lumière et sont ensuite révélés au moyen d'une solution ammoniacale. Le nombre de papiers colorés est corrélé à la quantité maximale de lumière incidente au moment de la mesure<sup>2</sup>. Les inconvénients de cette technique résident dans l'important nombre de répétitions à réaliser, l'incertitude quant à la composition spectrale effective (elle pourrait être différente de ce que la plante perçoit) ainsi que la dépendance par rapport aux conditions climatiques lors des jours de mesure.

#### *Capteurs*

Il est possible de mesurer directement l'éclairement global en un point donné, ainsi que les parts respectives d'éclairement diffus et direct. Ces mesures sont réalisées au moyen de capteurs électroniques. Vu la forte variabilité spatiale et temporelle du rayonnement, ces mesures directes doivent cependant être multipliées dans l'espace et répétées dans le temps. Elles nécessitent la

présence d'une centrale d'enregistrement des données ainsi qu'une source d'énergie. Compte-tenu de la lourdeur d'installation et de traitement de données, du coût et de la portée spatiale limitée, ce type de mesures est principalement dédié à la recherche scientifique. Elles sont toutefois également utiles dans la pratique pour calibrer des estimations de la fermeture du couvert.

Les capteurs sont spécifiques à certaines gammes de longueurs d'ondes ; ils relèvent des trois systèmes d'unités définissant la lumière :

- intensité lumineuse (luxmètre) ;
- énergie solaire globale (pyranomètre) ;
- densité de photons (photomètre).

Le luxmètre est un petit appareil équipé d'un capteur qui mesure en temps réel l'intensité lumineuse (en *lux*\*). Il évalue la lumière dans le spectre visible, mais avec une sensibilité différente selon les longueurs d'onde ; la sensibilité est très faible pour le rouge et le violet, forte pour le vert et le jaune.

Le pyranomètre mesure, en  $W/m^2$ , l'énergie solaire globale dans des longueurs d'onde de 300 à 3 000 nm.

Les capteurs qui nous intéressent particulièrement pour l'utilisation en forêt sont les photomètres. Disposés en ligne ou ponctuels, ils peuvent être équipés de différents filtres. Le capteur PAR est un type de photomètre ; il fournit l'éclairement dans le spectre du PAR, défini plus haut comme la fraction du spectre dans laquelle les photons sont utilisés par la plante pour la photosynthèse. Pour les problématiques de régénération, le capteur PAR est l'instrument de référence pour connaître l'éclairement en un point donné.

## Estimation de la fermeture du couvert

### *Canopy-scope*

Cet instrument est constitué d'un écran transparent quadrillé de 25 points<sup>3</sup>. Le principe est de mesurer la taille de la plus grande trouée, quelle que soit son orientation. L'utilisateur vise la trouée à travers l'écran et compte le nombre de points interceptant le ciel. L'hypothèse sous-jacente est que le climat lumineux en un point est largement influencé par la plus grande trouée observable depuis ce point. Cette hypothèse n'est cependant pas vérifiée dans tous les types de peuplements.

### *Densiomètre*

Présenté pour la première fois en 1956 aux États-Unis, cet instrument est utilisé pour mesurer la fermeture du couvert en un point donné<sup>11</sup>. Il s'agit d'un petit appareil composé d'un miroir quadrillé (concave ou convexe) fixé dans un boîtier en bois. La canopée se reflète sur le miroir, permettant à l'utilisateur d'estimer la fermeture du couvert en comptant le nombre de carrés occupés par la canopée. Avec un miroir convexe, l'angle d'ouverture est proche de 80 degrés. La valeur généralement utilisée est une moyenne de quatre mesures faites dans les quatre directions cardinales. Cet outil est robuste et facile d'utilisation.

### *Photographie hémisphérique*

L'appareil photographique avec objectif hémisphérique (« *fish-eye* » en anglais) est couramment utilisé pour des applications forestières. Cet objectif permet de prendre une photographie de l'hémisphère cé-

---

\* Le lux est une ancienne unité correspondant à l'éclairement d'une flamme de bougie située à 1 mètre de distance.

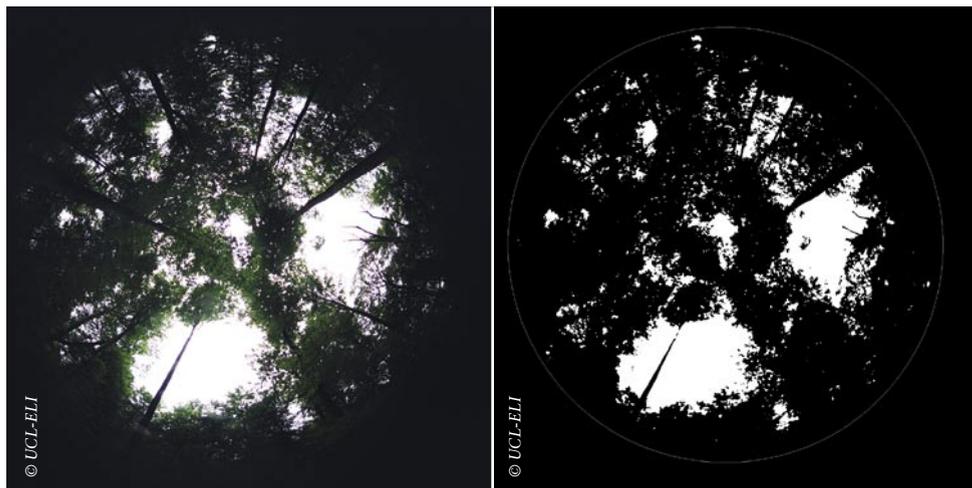


Figure 4 – Photographie hémisphérique prise dans une chênaie-charmaie (à gauche). L'image est ensuite seuillée en noir et blanc (à droite) ; troncs et feuillage correspondent aux pixels noirs, les ouvertures dans le couvert aux pixels blancs.

leste ; l'objectif photographique déforme l'hémisphère selon des transformations données (figure 4). L'utilisateur dispose d'une image à 360° et visualise parfaitement les ouvertures dans la canopée. La photographie est positionnée dans l'espace (latitude, longitude, altitude), orientée et convertie en une image noir et blanc. Le calcul de l'ouverture du couvert est réalisé par un logiciel qui détermine la proportion de pixels blancs sur la totalité de l'image. Ce rapport indique alors la fraction de trouée (= 1 – fermeture du couvert). Le calcul peut être affiné en fonction de l'angle d'ouverture souhaité.

### Reconstitution de la trajectoire du soleil

En connaissant la position géographique, l'altitude, l'exposition et la pente d'une station, il est possible de déterminer la trajectoire solaire à un moment donné. Cette trajectoire est directement reliée au potentiel d'éclairement de la station ; il reste à le combiner aux caractéristiques du couvert.

### L'horizontoscope

L'horizontoscope a été initialement conçu pour le domaine de l'architecture ; il est actuellement utilisé en sylviculture de montagne, notamment dans les Alpes suisses, autrichiennes et françaises<sup>16</sup>. L'instrument est portable et se tient dans une main. La canopée se reflète sur la vitre de l'appareil et la mesure se fait par lecture sur un abaque en-dessous de cette vitre. Il existe plusieurs types d'abaques, dont un qui permet de mesurer le nombre d'heures d'ensoleillement. La valeur mesurée est alors le nombre maximal d'heures de rayonnement direct en fonction du mois. De ce fait, l'outil est intéressant pour les zones à prédominance du rayonnement direct, comme c'est le cas en montagne ou dans de grandes trouées.

### Photographie hémisphérique

Pour cette utilisation des photographies hémisphériques, le logiciel modélise la course du soleil et la superpose à la fermeture du couvert. Il détermine une approximation de l'éclairement direct et diffus

transmis par la canopée, la distribution des taches de lumière au sol ainsi que les propriétés du couvert tel que l'indice de surface foliaire<sup>5</sup>.

### Estimation du couvert et mesures dendrométriques

Différentes approches permettent d'estimer le couvert, soit à l'échelle de chaque

arbre par la projection au sol du houppier et sa cartographie, soit à l'échelle du peuplement au moyen de mesures effectuées sur une maille systématique. Pour cette dernière méthode, des instruments appelés « densitomètres » permettent l'échantillonnage par point et l'obtention d'un taux de couvert moyen pour une superficie donnée.

Figure 5 – Principaux instruments d'estimation du climat lumineux : [a] appareil photographique à objectif hémisphérique (fish-eye) ; [b] densitomètre convexe ; [c] luxmètre ; [d] horizontoscope ; [e] capteur ponctuel PAR avec centrale d'acquisition portable ; [f] capteur ponctuel PAR.



L'utilisation de photographies aériennes à très haute résolution est également possible mais fournit une précision moins élevée avec des risques de biais importants.

Plusieurs modèles empiriques reliant les caractères dendrométriques à l'éclairement au sol ont également été construits. Le degré de généralisation est assez faible et concerne principalement des peuplements équiennes monospécifiques résineux (voir section « Éclairement absolu et relatif »).

---

### FOURNIR LA LUMIÈRE NÉCESSAIRE AUX BESOINS DE LA RÉGÉNÉRATION

---

Estimer l'éclairement dans le sous-étage est, nous l'avons vu, chose ardue. Non seulement la lumière est de nature complexe et l'éclairement extrêmement variable dans l'espace et dans le temps, mais la plante est de plus sensible à de très faibles niveaux de variation. Pour fournir quelques ordres de grandeur, il est fréquent que l'éclairement dans le sous-étage soit inférieur à 10 % du rayonnement total incident au-dessus de la canopée, même dans les peuplements les moins fermés. À titre d'illustration, nous avons mesuré un éclairement relatif inférieur à 1 % du plein découvert sous un taillis de charme.

Pourtant, certains instruments sont d'usage aisé et permettent la comparaison de peuplements forestiers de structures contrastées, rendant les mesures plus objectives. L'estimation locale du climat lumineux – par exemple dans une cellule où l'on vise la régénération naturelle – est donc tout à fait possible. À cet égard, l'utilisation du densiomètre paraît prometteuse.

Le travail de l'UCL dans le cadre du projet INTERREG « CoForKo » vise entre autres à tester, dans des peuplements diversifiés, la pertinence de différents instruments d'estimation du climat lumineux. Il cherche à fournir au gestionnaire de terrain les protocoles les plus simples et généralistes possibles pour lui permettre de connaître l'éclairement disponible sur une station donnée.

Si l'obtention d'une estimation de l'éclairement en un point donné est indispensable, il faut en outre pouvoir relier cet éclairement aux besoins de la plante en termes de croissance et de survie. Les tolérances et exigences de la régénération naturelle varient d'une espèce à l'autre ; elles dépendent aussi du stade de développement et des conditions de milieu. Si l'on connaît de manière globale les tempéraments des principales essences par rapport à la lumière, les recherches en cours portent sur la quantification précise de leurs exigences et tolérances, ainsi que sur les mécanismes en jeu. Dans les prochaines années, il deviendra ainsi possible de relier plus étroitement estimation du climat lumineux et besoins en lumière des essences. ■

---

### BIBLIOGRAPHIE

---

- <sup>1</sup> BALANDIER P., SONOHAT G., SINOQUET H., VARLET-GRANCHER C., DUMAS Y. [2006]. Characterisation, prediction and relationship between different wavebands of solar radiation transmitted in the understorey of even-aged oak (*Quercus petraea*, *Q. robur*) stands. *Trees* 20 : 363-370.
- <sup>2</sup> BARDON R.E., COUNTRYMAN D.W., HALL R.B. [1995]. A reassessment of using light-sensitive diazo paper for measuring integrated light in the field. *Ecology* 76(3) : 1013-1016.

- <sup>3</sup> BROWN N., JENNINGS S., WHEELER P., NABE-NIELSEN J. [2000]. An improved method for the rapid assessment of forest understorey light environments. *Journal of Applied Ecology* 37(6) : 1044-1053.
- <sup>4</sup> FERMENT A., PICARD N., GOURLET-FLEURY S., BARALOTO C. [2001]. A comparison of five indirect methods for characterizing the light environment in a tropical forest. *Annals of Forest Science* 58(8) : 877-891.
- <sup>5</sup> FRAZER G.W., TROFYMOW J.A., LERTZMAN K.P. [1997]. A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active radiation photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, Pacific Forestry Centre, Victoria, B.C. 73 p.
- <sup>6</sup> FRIEND D.T.C. [1961]. A simple method of measuring integrated light values in the field. *Ecology* 42(3) : 577-580.
- <sup>7</sup> HALE S.E., EDWARDS C., MASON W.L., PRICE M., PEACE A. [2009]. Relationships between canopy transmittance and stand parameters in Sitka spruce and Scots pine stands in Britain. *Forestry* 82(5) : 503-513.
- <sup>8</sup> HOPKINS W.G. [2003]. *Physiologie végétale*. 1<sup>ère</sup> éd. De Boeck & Larcier, Bruxelles, 514 p.
- <sup>9</sup> JENNINGS S.B., BROWN N.D., SHEIL D. [1999]. Assessing forest canopies and understorey illumination : canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry* 72(1) : 59-73.
- <sup>10</sup> KIMMINS J.P. [2004]. *Forest ecology : a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 720 p.
- <sup>11</sup> LEMMON P. E. [1956]. A spherical densiometer for estimating forest overstorey density. *Forest Science* 2 : 314-320.
- <sup>12</sup> LIEFFERS V.J., MESSIER C., STADT K. J., GENDRON F., COMEAU P. G. [1999]. Predicting and managing light in the understorey of boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research* 29(6) : 796-811.
- <sup>13</sup> PARENT S., MESSIER C. [1996]. A simple and efficient method to estimate microsite light availability under a forest canopy. *Canadian Journal of Forest Research* 26(1) : 151-154.
- <sup>14</sup> ROSS J., SULEV M. [2000]. Sources of errors in measurements of PAR. *Agricultural and Forest Meteorology* 100(2-3) : 103-125.
- <sup>15</sup> SCHMERBER C. [1997]. La lumière et la forêt. *Bulletin technique de l'ONF* 34. Numéro spécial, 167 p.
- <sup>16</sup> SCHÜTZ J.P., BRANG P. [1995]. L'horizontoscope : un étonnant outil pratique de sylviculture, notamment en haute montagne. *Bulletin technique de l'ONF* 28 : 1-7.

*CoForKo est un projet cofinancé par le Fonds européen de développement régional dans le cadre du programme INTERREG IVA Grande Région. « L'Union européenne investit dans votre avenir. »*



OLIVIER BAUDRY

olivier.baudry@uclouvain.be

CHARLOTTE CHARMETANT

charlotte.charmetant@uclouvain.be

QUENTIN PONETTE

quentin.ponette@uclouvain.be

Université catholique de Louvain,  
Earth and Life Institute,  
Groupe de recherche « sciences  
forestières »

Croix du Sud, 2 bte 9  
B-1348 Louvain-la-Neuve