



SUIVI SCIENTIFIQUE DE VINGT-SEPT  
RÉGÉNÉRATIONS NATURELLES  
DE CHÊNE SESSILE ET DE HÊTRE EN ARDENNE :  
RETOUR D'EXPÉRIENCE

GAUTHIER LIGOT – PHILIPPE BALANDIER – BENOÎT MACKELS  
FRANÇOIS LEHAIRE – HUGUES CLAESSENS

*Régénérer naturellement le chêne apparaît très délicat en Ardenne et cela se traduit déjà par un déficit marqué de jeunes chênes au niveau régional. Afin de rechercher des solutions sylvicoles à ce problème, vingt-sept régénérations naturelles de hêtre et de chêne ont été suivies entre 2007 et 2011. L'analyse montre clairement les besoins en lumière des chênes par rapport aux hêtres et, surtout, l'importance d'effectuer des nettoiemnts afin de réduire les effets de la compétition des hêtres sur les chênes.*

**La** structure globale de la chênaie ardennaise, et plus globalement wallonne, présente un déficit marqué d'individus de moins de 60 cm de circonférence. Ce constat, qui résulte de multiples facteurs, indique que le chêne occupera inévitablement une place plus réduite dans les années à venir. Parmi les causes de ce déclin se trouvent les stratégies de développe-

ment respectives du chêne et du hêtre, la sylviculture menée et la pression du gibier. Pourtant, le maintien du chêne dans les peuplements s'avère bénéfique à de multiples égards, justifiant son intérêt dans le cadre de la gestion multifonctionnelle des forêts<sup>1</sup>. En particulier, dans la hêtraie, la présence de chêne accélère la décomposition de la fane et améliore la qualité de la

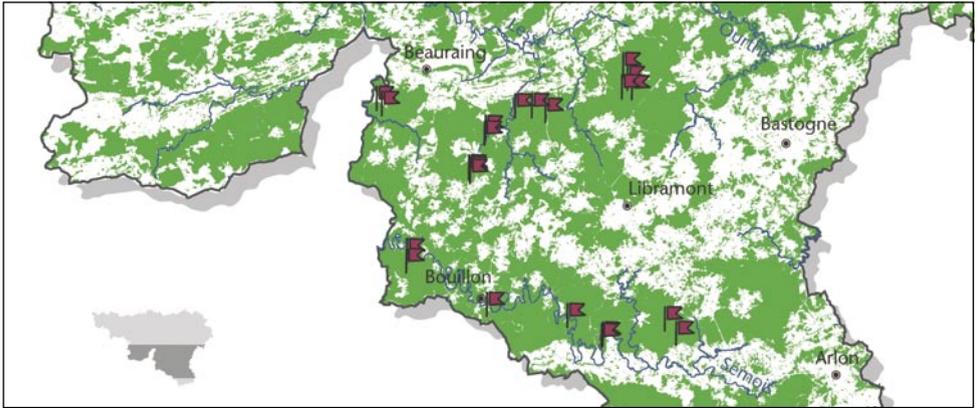


Figure 1 – Localisation des vingt-sept sites expérimentaux en Ardenne.

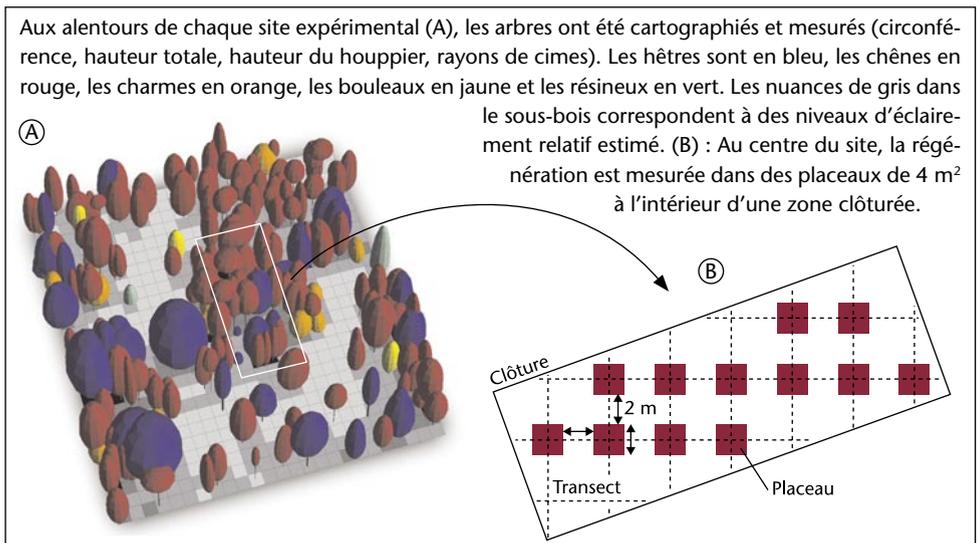


Figure 2 – Aperçu en trois dimensions d'un site expérimental.

litière. En outre, le chêne est réputé moins sensible au vent que le hêtre et plus adapté aux changements climatiques annoncés. En Ardenne, et plus particulièrement sur ses versants bien exposés, le chêne sessile tolérera mieux l'augmentation des températures et les sécheresses estivales plus fréquentes<sup>1</sup>. Enfin, le chêne est propice à la biodiversité grâce à sa grande capacité d'accueil pour de nombreux organismes.

Dans ce contexte, vingt-sept sites expérimentaux ont été installés en hêtraie-chênaie irrégulière, en Ardenne, pour y étudier le potentiel de redéveloppement du chêne sessile. Cet article présente ce dispositif expérimental, identifie les situations de succès et d'échecs des régénérations de chêne sessile et tente de les expliquer en s'appuyant sur une analyse scientifique plus détaillée<sup>3</sup>.

---

## DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

---

En 2007, vingt-sept sites contenant de la régénération naturelle (moins de 3 mètres de hauteur) de chêne sessile et de hêtre (*Quercus petraea* (MATT.) LIEB. et *Fagus sylvatica* L.) ont été sélectionnés en Ardenne occidentale et méridionale sur des stations favorables aux deux essences (figure 1). Les stations sont caractérisées par des sols bruns acides limono-caillouteux typiques de l'Ardenne (Gbbt et Gbbf dans la classification de la carte des sols de Wallonie). D'un point de vue phytosociologique, ces stations correspondent à des hêtraies à luzule. L'échantillon de sites a été choisi de manière à assurer une diversité de compositions et de structures des peuplements, tout en minimisant les différences entre stations.

Les sites expérimentaux ont été clôturés afin d'exclure l'impact du gibier sur le développement de la régénération. À l'exception de quelques clôtures communales installées avant 2007, la surface des clôtures est inférieure à 10 ares. Au sein de ces clôtures, ont été installées des unités d'échantillonnage de forme carrée et d'une surface de 4 m<sup>2</sup>, appelées placeaux. Ceux-ci sont installés en nombre variable (de cinq à quarante) de manière systématique (figure 2b). Les placeaux où les semis de hêtre et de chêne représentaient moins de 20 % du recouvrement total en 2007 ont été éliminés. Au total, 625 placeaux ont été installés dans les vingt-sept sites.

---

### MESURE DES SEMIS ET DES PEUPELEMENTS

---

Les diamètres de la tige à 5 et à 130 cm du sol, et la hauteur des cinq plus grands



Figure 3 – Mesure du diamètre de la tige à 5 cm du sol.

semis de chaque essence présente à l'intérieur des placeaux ont été mesurés chaque année à partir de 2007 (figure 3). En 2011, des semis ont été prélevés dans les clôtures afin d'estimer plus précisément leur âge. En outre, tous les arbres de plus de 40 cm de circonférence et situés à moins de 20 mètres des clôtures ont été mesurés et cartographiés (figure 2a).

---

### ESTIMATION DE LA LUMIÈRE PARVENANT AUX SEMIS

---

La lumière traversant la canopée est un des facteurs clés du développement de la régénération. Nous l'avons estimée en mesurant l'éclairement relatif qui correspond au rapport entre l'éclairement en dessous et au-dessus de la canopée (figures 4 et 5). Cette valeur relative (exprimée en pourcent de l'éclairement au-dessus de la

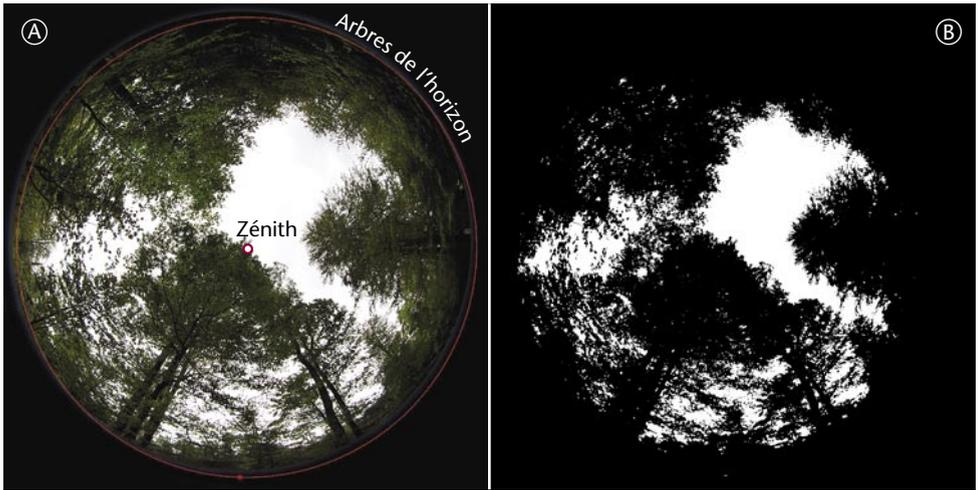


Figure 4 – Mesure de l'éclairement relatif à l'aide d'une photographie hémisphérique. Les photographies couleurs prises sur le terrain (a) doivent être traitées informatiquement afin de définir pour chaque pixel s'il correspond à du ciel ou à des éléments de la canopée (b). L'éclairement relatif mesuré à partir de cette photo est de 29 %.

canopée) permet de s'affranchir des conditions météorologiques du jour de mesure et donc de comparer entre elles des placettes visitées à des dates différentes. L'éclairement relatif est estimé à l'aide de photographies hémisphériques (figure 4). Brièvement, cette technique consiste à prendre des photos de la canopée à l'aide d'un objectif à grand angle de vue (180°) orienté verticalement vers le ciel. L'ensemble du peuplement est ainsi photographié, le centre de la photo correspond au zénith et les arbres de l'horizon se trouvent en bordure d'image. Les photos doivent nécessairement être prises lorsque le ciel est uniformément lumineux (très tôt le matin ou tard le soir, ou bien par temps couvert avec un ciel homogène). Les photos sont ensuite traitées informatiquement pour distinguer les pixels de ciel et les pixels correspondant à la canopée. Le programme calcule ensuite la course du soleil sur la photo pour une période donnée (éclairage direct), la luminosité globale de

l'entièreté de l'hémisphère (éclairage diffus) et calcule le pourcentage d'éclairement transmis (soit en première approximation, le pourcentage de pixels de ciel sur le nombre total de pixels de la photo, bien que différents raffinements mathématiques soient possibles). La technique a été validée en comparant les estimations issues du traitement décrit ci-dessus et des mesures obtenues par des capteurs photosensibles (figure 5).

---

#### CLASSIFICATION DES SITES SELON LE SUCCÈS DE LA RÉGÉNÉRATION DE CHÊNE

---

La première étape fût de déterminer pour chaque site si la situation initiale, en 2007, était favorable à la régénération de chêne, c'est-à-dire si les semis dominants de chêne dépassaient ceux des autres essences. Pour huit sites, nous avons jugé que la proportion de chêne était trop faible (inférieure

à 10 %) et qu'il n'était dès lors pas pertinent d'en évaluer le succès. L'analyse fût répétée à partir des relevés de 2011, pour déterminer si la situation avait évolué favorablement ou défavorablement. Cette comparaison a permis de classer les vingt-sept sites en quatre groupes (figure 6) :

1. **Situation favorable.** La régénération de chêne était déjà bien établie en 2007 et a évolué favorablement. Les semis de chêne dominent les semis des autres essences.
2. **Évolution défavorable.** Les semis de chêne dominaient les autres semis en 2007. Mais en 2011, la situation s'est inversée et les semis de chênes sont dominés par les semis des autres espèces.
3. **Situation défavorable.** La régénération de chêne était présente en 2007 mais dominée par les autres essences. La situation est inchangée en 2011.
4. **Absence de régénération de chêne.** Les semis de chêne étaient déjà très rares en 2007. Dans aucun cas, cette situation n'a évolué favorablement étant donné l'importance de la régénération de hêtre.

Parmi les huit sites dans lesquels la situation était à la fois favorable en 2007 et en 2011, trois ont fait l'objet de nettoisements avant l'installation du dispositif expérimental. Pour l'un d'entre eux, les nettoisements ont été répétés presque annuellement. Ces nettoisements ont réduit fortement le nombre de hêtres et de charmes aux alentours des semis de chêne et ont prélevé les hêtres et charmes du sous-étage (loups). Il est donc plus que probable que leur statut favorable soit plutôt le fait des opérations sylvicoles que de la dynamique naturelle.

Deux des trois sites ayant évolué défavorablement sont caractérisés par une très abondante régénération de chêne menacée par quelques semis de hêtre isolés qui prennent rapidement le dessus sur les chênes. Dans le troisième site, l'éclaircissement était vraisemblablement insuffisant. En 4 ans, les semis de chêne n'ont pratiquement pas grandi (accroissement annuel moyen en hauteur de 2 cm) contrairement aux semis de hêtre (accroissement annuel moyen en hauteur de 13 cm).

Figure 5 – Mesure de l'éclaircissement relatif à l'aide de capteurs photosensibles. L'éclaircissement relatif correspond au rapport entre la mesure de l'éclaircissement sous la canopée (a) et l'éclaircissement en plein découvert (b). Vu la difficulté de mesurer l'éclaircissement au-dessus de la canopée, il est mesuré à proximité en plein découvert.



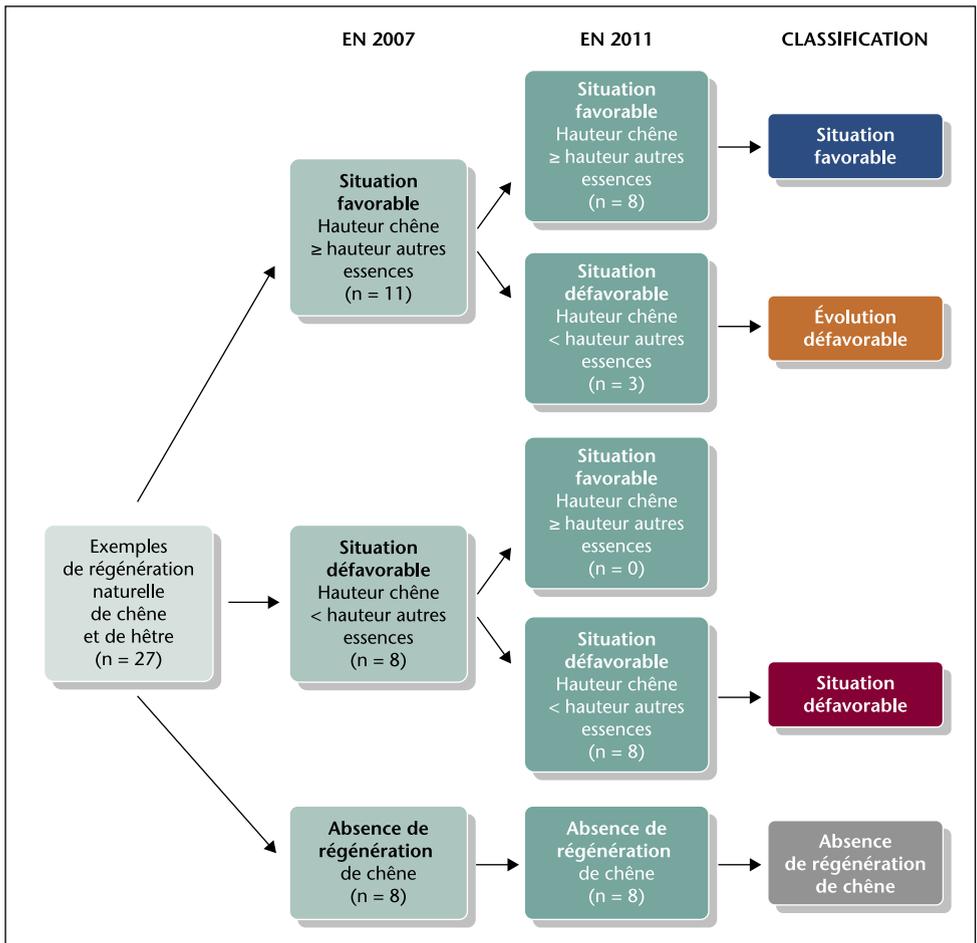


Figure 6 – Classification des vingt-sept sites de suivi de régénération naturelle selon le succès de la régénération de chêne.

Parmi les huit sites classés comme défavorables pour la régénération de chêne dès 2007, deux contenaient une régénération de chêne abondante mais répartie en petits groupes au sein d'une vigoureuse régénération de hêtre. Pour deux autres sites, les semis de chêne, bien qu'abondants, étaient dominés à la fois par des semis de hêtres, de charmes et d'érables. Pour les quatre derniers sites de ce groupe, les semis de chêne étaient nettement

moins abondants que les semis des autres essences.

### CARACTÉRISTIQUES DES PEUPELEMENTS PAR CLASSE D'ÉVOLUTION

L'éclaircissement relatif dans les situations défavorables à la régénération de chêne est inférieur à 20 % (figure 7a). Dans de telles conditions, les semis de hêtres sont capables

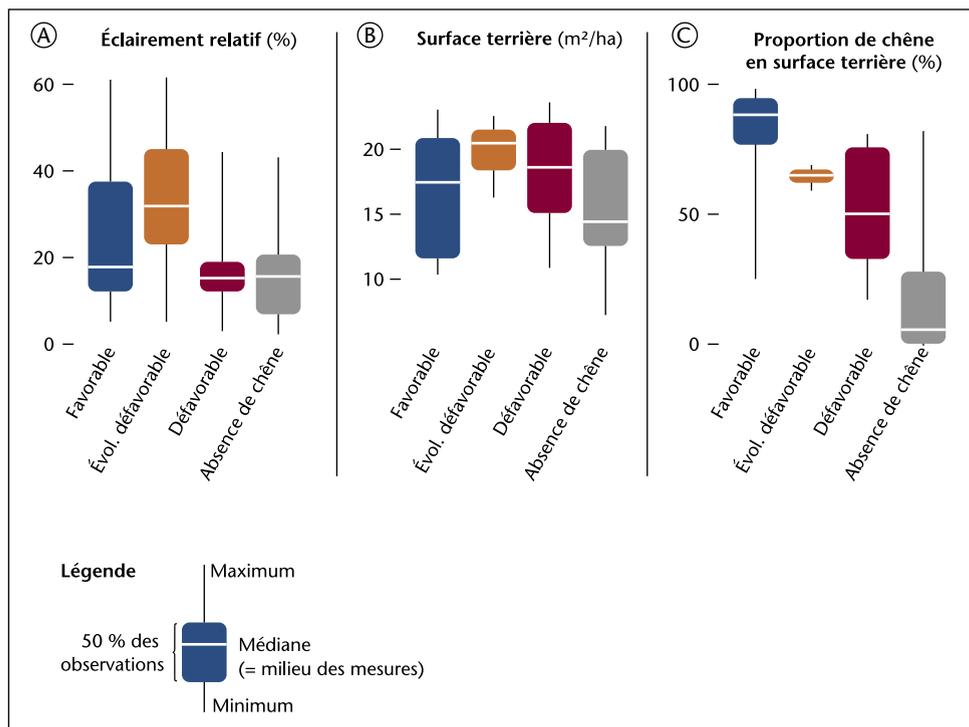
de croître contrairement à ceux de chêne. Dans les situations favorables, pour environ la moitié des observations, l'éclairement est supérieur à 20 % mais souvent inférieur à l'éclairement observé pour les sites où la situation a évolué défavorablement. Le manque d'éclairement en sous-bois n'est donc pas le seul facteur responsable. En effet, pour les situations ayant évolué défavorablement, l'éclairement n'est insuffisant que dans un seul des trois sites. Dans les deux autres sites l'éclairement est très abondant.

Par ailleurs, l'analyse des résultats (figure 7b) permet difficilement de conclure quant au niveau de surface terrière qui per-

mettrait de régénérer naturellement le chêne. En peuplement irrégulier, la relation entre l'éclairement et la surface terrière est loin d'être évidente. La présence d'un sous-étage, même peu abondant, peut en effet avoir plus d'importance qu'une densité élevée en gros bois. Localement, quelques hêtres et charmes dans le sous-étage suffisent pour limiter sévèrement l'éclairement disponible pour la régénération.

Par contre, la proportion de chêne dans le peuplement permet d'identifier clairement les situations dans lesquelles les chances de réussite de régénération naturelle de chêne sont les plus élevées : plus

Figure 7 – Caractéristiques des peuplements en régénération selon le groupe d'évolution de la régénération. On y voit que l'éclairement relatif et la surface terrière n'expliquent que très partiellement la réussite de la régénération de chêne.



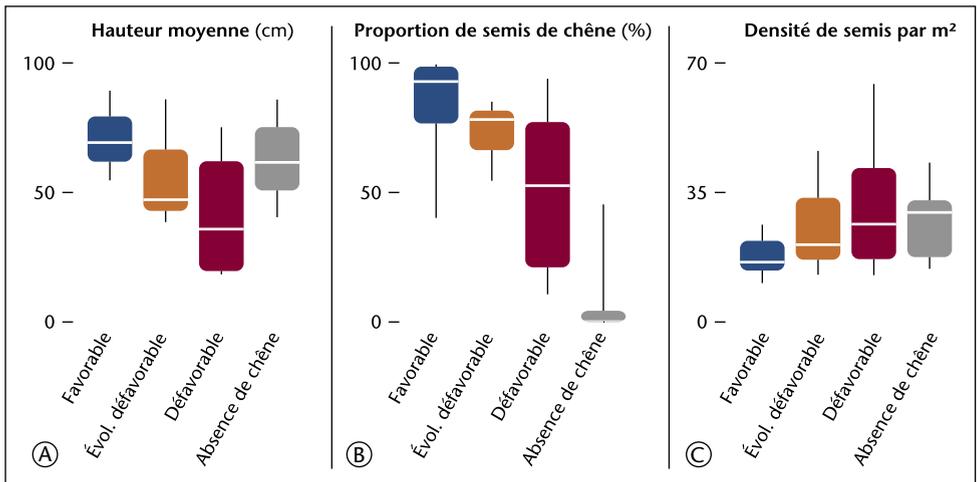


Figure 8 – Caractéristiques des régénérations de chêne selon les groupes d'évolution de la régénération. On y voit que les situations de réussite de régénération de chênes correspondent surtout aux situations où le chêne était initialement très abondant. Dans les situations défavorables, les semis sont de petites tailles et plus abondants.

la proportion de chêne est élevée dans le peuplement, plus elle l'est dans la régénération (figure 7c) et plus faible est donc la compétition avec les autres essences.

### CARACTÉRISTIQUES DE LA RÉGÉNÉRATION PAR GROUPE D'ÉVOLUTION

En moyenne, la régénération de chêne a évolué favorablement dans des situations où les semis étaient déjà bien installés en 2007 (figure 8a). La hauteur moyenne des semis était généralement supérieure à 50 cm. Lors de leur première année de vie, les semis mesurent plus de 10 cm, indépendamment des conditions d'éclaircissement. Ensuite, si les conditions du sous-bois leur sont favorables, ils grandissent d'environ 10 à 20 cm par an. Sachant que les semis avaient en moyenne 8 ans en 2007, les sites dans lesquels la hauteur

des semis de hêtre et de chêne étaient inférieure à 50 cm correspondent très vraisemblablement à des sites où l'éclaircissement est trop limité ou à des sites avec une très forte compétition de la végétation herbacée (fougère aigle essentiellement).

En outre, il apparaît très clairement que le succès des régénérations de chêne tient au maintien du nombre de semis de chêne par rapport au nombre de semis de hêtre (figure 8b). Dès que la proportion de chêne descend en dessous de 75 %, le risque d'envahissement de la régénération de chêne par des semis de hêtre ou de charme devient très élevé.

D'une manière synthétique, on observe que si une forte proportion de chêne (dans les semis et les peuplements) et un fort éclaircissement relatif (plus de 20 %) sont nécessaires pour obtenir une situation de départ favorable (figures 7a et c et 8b), cela ne

garantit en rien la réussite de la régénération du chêne par la suite. En effet, le hêtre est une menace pour le chêne. En l'absence d'intervention du sylviculteur, même sur la courte période de 4 ans de cette étude, les évolutions défavorables au chêne seraient probablement majoritaires, alors qu'au départ, ces régénérations en situation favorable semblaient bien développées en hauteur et en nombre (figures 8a et b).

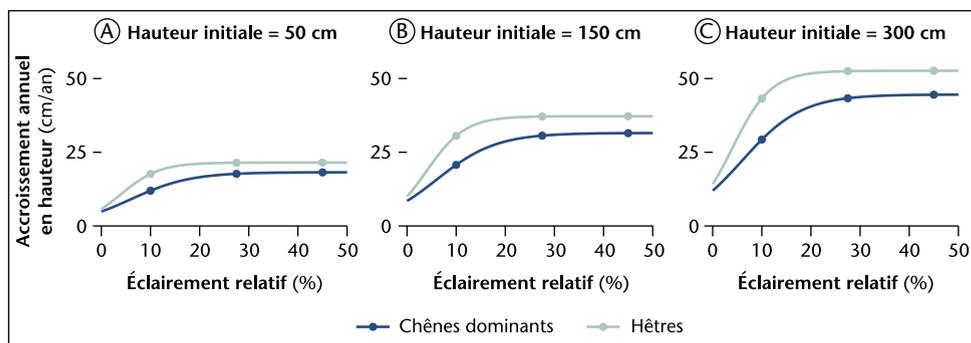
### COMPARAISON DES BESOINS EN LUMIÈRE DES SEMIS DE CHÊNE ET DE HÊTRE

Le suivi du dispositif expérimental met en évidence que, dans les conditions de l'Ardenne, les semis de hêtre grandissent plus vite que les semis de chêne, et cela, quelles que soient les conditions d'éclaircissement. De plus, si les conditions d'éclaircissement sont bonnes, des semis de hêtre de 50, 150 ou 300 cm de haut, grandissent en moyenne respectivement de 20, 30 ou 50 cm par an (figure 9). Pour des semis de chêne de tailles comparables et dans des conditions d'éclaircissement qui leur sont favorables, les accroissements

annuels moyens en hauteur attendus sont respectivement de 15, 25 et 40 cm, soit globalement de 20 à 25 % inférieurs (figure 9). Cette première conclusion est surprenante car d'après la littérature sur l'écologie des essences, dans de bonnes conditions d'éclaircissement, les semis de chêne grandissent plus rapidement que ceux de hêtre<sup>4</sup>. Dans ces expériences, la croissance des semis de hêtre en pot a vraisemblablement été affectée par une réduction de la disponibilité en eau induite par l'augmentation de l'éclaircissement. En peuplement irrégulier, la régénération est mieux protégée et le bilan hydrique est plus favorable.

Dans les peuplements irréguliers de l'Ardenne, l'apport de lumière n'est donc pas une condition suffisante pour promouvoir la régénération de chêne si elle est en mélange avec du hêtre. De surcroît, les semis de hêtre n'ont pas besoin d'autant de lumière pour se développer que ceux de chêne. Ils atteignent une croissance optimum si l'éclaircissement relatif est de 10 %, alors qu'il faut environ le double pour des chênes dominants. Ce constat met en évidence la forte capacité des semis de hêtre

Figure 9 – L'accroissement annuel en hauteur des semis de hêtre est supérieur à celui des semis de chêne. L'accroissement est fonction à la fois de la hauteur initiale des semis et de l'éclaircissement relatif.



à s'installer avant la création de trouées favorables au chêne et à survivre dans des environnements où la lumière disponible est très faible<sup>2</sup>. Ainsi, souvent, les semis de hêtre bénéficient de plusieurs années d'avance sur ceux de chêne, ce qui a été confirmé par le comptage des cernes sur les semis prélevés. Les régénérations étudiées étaient en effet constituées de plusieurs vagues de régénération et les semis de chêne étaient en moyenne plus jeunes que les semis de hêtre auxquels ils étaient mélangés. Naturellement, et conformément à la théorie de la succession d'espèces vers la formation du climax, il est donc très peu probable que le mélange chêne-hêtre se maintienne au cours du temps sans intervention humaine ou sans perturbation de grande ampleur.

---

### POUR LE SYLVICULTEUR

---

Tant que la régénération de chêne n'est pas présente ou s'il est trop tôt pour commencer à régénérer le peuplement, le sylviculteur a intérêt à limiter l'envahissement du sous-bois par le hêtre en maintenant l'éclaircissement relatif sous la barre des 10 %. Ensuite, sur glandée ou semis acquis, il faut impérativement et immédiatement ouvrir le couvert (en modifiant l'ordre des coupes d'urgence si nécessaire) pour laisser passer au moins 20 % de la lumière disponible au-dessus de la canopée, en veillant bien à éliminer dans le sous-bois les arbustes, la végétation à fort développement (fougère aigle, par exemple), et les semis de hêtre et de charme qui empêchent la lumière d'atteindre le sol ou les taches de semis (« relevé du couvert »). Par la suite, il faudra continuer à contrôler manuellement la concurrence des hêtres et des charmes qui prendront naturellement le dessus sur les chênes.

Malheureusement, il est actuellement difficile de définir, en termes de surface terrière ou de structure du peuplement, comment maintenir un éclaircissement inférieur à 10 % ou supérieur à 20 % en peuplements irréguliers et mélangés. Les outils dont nous disposons pour les peuplements réguliers ne s'appliquent plus ici en raison de la structure étagée des peuplements où de jeunes tiges peuvent produire beaucoup d'ombre sans pour autant contribuer significativement à la surface terrière du peuplement. Néanmoins, à titre indicatif, nous avons fréquemment observé des plages dont l'éclaircissement relatif était supérieur à 20 % lorsque la surface terrière locale, estimée aux alentours immédiats du point de mesure, était inférieure à 15 m<sup>2</sup>/ha. Mais au-delà de cette valeur très basse et très locale, la relation entre la lumière et la surface terrière à l'échelle du peuplement n'est pas excellente. Cette valeur-cible de surface terrière pourrait notamment être plus élevée dans un peuplement avec des trouées, par exemple, ou plus réduite dans un peuplement avec un sous-étage de hêtre ou de charme. On retrouve donc ici l'importance de la gestion du sous-étage dans la sylviculture du chêne déjà mise en évidence au début du 20<sup>e</sup> siècle<sup>4</sup>.

---

### PERSPECTIVES

---

Si ces recommandations sylvicoles ne sont pas révolutionnaires, notre analyse, basée sur une large base expérimentale, aura toutefois permis de démontrer clairement qu'il est possible de régénérer le chêne sessile en chênaie-hêtraie ardennaise à l'aide d'interventions ciblées. Les futurs travaux se focaliseront donc sur la gestion de l'éclaircissement disponible pour

la régénération via le type et l'intensité des éclaircies en peuplement irrégulier. Quant au dispositif expérimental, il continuera d'être suivi par l'Unité forestière de Gembloux Agro-Bio Tech. Des nettoie-ments et des détourages ont notamment été menés depuis 2011 afin de tester jusqu'à quel point il est possible de sauver une régénération de chêne déjà dominée par des hêtres et des charmes ainsi que pour quantifier la croissance des perches de hêtre et de chêne détourées et leur temps de passage à la futaie en situation de futaie irrégulière. ■

notre disposition ses peuplements et collaboré à la gestion des éclaircies et abattages, ainsi que André Marquier de l'INRA (Clermont-Ferrand, France) pour son aide pour le traitement des photographies hémisphériques et Benoît Jourez et Céline Vaianopoulos du DEMNA (Gembloux) qui nous ont facilité la délicate tâche de détermination de l'âge des semis. Enfin, nos remerciements vont aussi à l'ensemble de l'équipe technique de l'unité forestière de Gembloux Agro-Bio Tech qui a eu la très lourde tâche de récolter les dizaines de milliers de mesures au sein des dispositifs expérimentaux.

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

- <sup>1</sup> ALDERWEIRELD M., LIGOT G., LATTE N., CLAESSENS H. [2010]. Le chêne en forêt ardennaise, un atout à préserver. *Forêt Wallonne* 109 : 10-24 ([orbi.ulg.ac.be/handle/2268/79321](http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/79321)).
- <sup>2</sup> BAUDRY O. [2013]. *Réponse de la régénération naturelle de chêne et de hêtre au stade fourré à la refermeture du couvert*. Thèse de doctorat, UCL, Louvain-la-Neuve.
- <sup>3</sup> LIGOT G., BALANDIER P., FAYOLLE A., LEJEUNE P., CLAESSENS H. [2013]. Height competition between Quercus petraea and Fagus sylvatica natural regeneration in mixed and uneven-aged stands. *Forest Ecology and Management* 304 : 391-398 ([orbi.ulg.ac.be/handle/2268/151307](http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/151307)).
- <sup>4</sup> POSKIN A. [1934]. *Le chêne pédonculé et le chêne rouvre. Leur culture en Belgique*. Éd. Jules Duculot, 283 p.

*Cette étude a été réalisée grâce aux financements de l'Accord-Cadre de recherche et de vulgarisation forestières, ainsi que par le Fond de la Recherche Scientifique (bourse de mandat d'aspirant FNRS de Gauthier Ligot). Nous remercions le personnel du DNF qui a mis à*

GAUTHIER LIGOT

[gligot@ulg.ac.be](mailto:gligot@ulg.ac.be)

BENOÎT MACKELS

[b.mackels@ulg.ac.be](mailto:b.mackels@ulg.ac.be)

FRANÇOIS LEHAIRE

[francois.lehaire@ulg.ac.be](mailto:francois.lehaire@ulg.ac.be)

HUGUES CLAESSENS

[hugues.claessens@ulg.ac.be](mailto:hugues.claessens@ulg.ac.be)

Unité de Gestion des Ressources  
forestières et des Milieux naturels,  
Gembloux Agro-Bio Tech, ULG

Passage des Déportés, 2  
B-5030 Gembloux

PHILIPPE BALANDIER

[philippe.balandier@irstea.fr](mailto:philippe.balandier@irstea.fr)

Unité de Recherches  
sur les Ecosystèmes Forestiers, Irstea

Domaine des Barres  
F-45290 Nogent-sur-Vernisson