



# Les enrichissements en sylviculture mélangée à couvert continu

Retours d'expérience de la conception à la réalisation







# Préambule

La présente brochure technique « **Les enrichissements en sylviculture mélangée à couvert continu** – *Retours d'expérience de la conception à la réalisation* » est le fruit d'une synthèse d'informations collectées dans le cadre du projet ENRICHIRR auprès de professionnels forestiers, de chercheurs, mais également de propriétaires, le tout s'appuyant sur une bibliographie diversifiée. Ce projet s'est focalisé sur la technique des plantations d'enrichissement au sein de peuplements forestiers gérés selon une sylviculture mélangée à couvert continu\* (SMCC).

Soutenu par le RMT AFORCE<sup>1</sup>, dans le cadre de son appel à projets 2023, ENRICHIRR bénéficie d'un soutien du ministère en charge de l'agriculture, du ministère en charge de l'Écologie et de l'interprofession nationale France Bois Forêt mais également de la Région Occitanie et du Parc national des Cévennes.

L'équipe projet (Délégation Occitanie du CNPF, Agence Lozère de l'ONF et AgroParisTech), a orienté le projet sur les peuplements de moyenne montagne composés d'Épicéa commun, de Sapin pectiné, de Douglas, de Pins ou de Hêtre. Les éléments présentés dans ce document sont basés sur des réalisations concrètes et des réflexions conduites par des gestionnaires privés et publics et situées essentiellement dans le Massif Central et les piémonts des Alpes. Les spécificités des conditions de plaine en termes de dynamiques végétales, de lumière et d'essences ne sont pas abordées dans cet ouvrage.

Les enrichissements visités sont en majorité récents (moins de 10 ans de recul) et certains, plus rares, ont été conduits jusqu'à 30 ans en arrière.

Au-delà des mesures effectuées pour caractériser les enrichissements identifiés et étudiés, les connaissances synthétisées s'appuient sur des entretiens poussés avec les personnes qui les ont souhaités, imaginés, financés, réalisés ou fait réaliser. La brochure ne repose donc pas sur une analyse statistique de chiffres et données collectées mais sur la diversité d'idées, de réflexions, de tentatives, de réussites et d'échecs autour de cette technique sylvicole.

Par conséquent, la présente brochure ne constitue pas un guide de sylviculture. Elle ne propose pas de normes techniques ou de « recette » précise formulée par situation ou par cas de figure. Elle a été imaginée et conçue pour faire connaître la multiplicité des initiatives rencontrées sur le terrain, avec leurs réussites et leurs échecs.

Le document permet ainsi, d'une part, de disposer d'une vision assez précise des tendances suivies et des options choisies par les forestiers autour de la technique des enrichissements dans les années 2010 - 2020. D'autre part, il vise à formaliser des réflexions à mener lorsque l'on souhaite recourir aux enrichissements, pour éviter certaines erreurs manifestes par exemple, ou penser à des « astuces » pratiques. Ces éléments d'interrogation et de méthodologie s'appliquent de la phase de conception à la phase de réalisation, sans oublier la longue et cruciale étape du suivi.

Enfin, construit sur la base de retours d'expérience des forestiers et parfois de leurs doutes et questionnements, le document met en avant les champs qu'il convient de continuer à explorer, creuser et investiguer au regard des connaissances actuelles.

La brochure « **Les enrichissements en sylviculture mélangée à couvert continu** – *Retours d'expérience de la conception à la réalisation* » peut dès lors être considérée comme un premier document de synthèse des connaissances et des pratiques autour de la technique d'enrichissement. Elle s'adresse aux forestiers qui y ont déjà eu recours et à tous les autres désireux de la mettre en œuvre. Sa lecture doit permettre une bonne appropriation de ses enjeux, de ses forces et de ses faiblesses.

Par la richesse des expériences qui la composent, la brochure constitue ainsi **une aide à la réflexion et à la décision** pour les forestiers soucieux d'apporter de la diversité en essences, cicatiser des peuplements mités ou compléter le renouvellement en cours.

---

<sup>1</sup> Réseau Mixte Technologique qui a pour objectif d'accompagner les forestiers dans l'adaptation des forêts au changement climatique, tout en renforçant les capacités d'atténuation de celles-ci.

\* Définition du terme dans le Glossaire en fin de brochure.

# SOMMAIRE

Préambule.....	3
Introduction.....	5
<b>1. Pertinence de la technique des enrichissements pour répondre aux problématiques forestières rencontrées.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Réflexions et méthodologie générale pour préparer un projet d'enrichissement.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Déclinaison thématique des points clés d'attention.....</b>	<b>18</b>
■ Sélection des sites de plantation.....	18
Lumière en forêt - Importance et mesures .....	20
■ Choix des essences.....	26
■ Schéma de plantation.....	28
■ Travaux préparatoires à la plantation.....	32
■ Protections contre les cervidés.....	34
■ Suivi des plantations .....	37
■ Gestion future du peuplement.....	39
■ Quels coûts ?.....	41
Liste des points d'attention .....	44
<b>4. Études de cas.....</b>	<b>45</b>
Exemples de chantiers recensés au cours du projet ENRICHIRR .....	52
<b>Conclusion.....</b>	<b>53</b>
<b>Glossaire.....</b>	<b>54</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>56</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>57</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>59</b>



# Introduction

Les pratiques de gestion forestière actuelles doivent intégrer les défis imposés par le changement climatique : gestion des dépérissements d'ores et déjà constatés, tentatives d'anticipation des dépérissements futurs et stratégies d'adaptation des forêts. La rapidité des bouleversements climatiques ne fait plus débat et leurs impacts sont multiples sur les peuplements forestiers. Alors que la régénération est un élément clé de la cicatrization et de l'adaptation des peuplements, les plantations sont également concernées par ces conditions changeantes menaçant leur réussite.

Dans ce contexte climatique stressant, aussi bien pour les arbres que pour les forestiers, il est important de considérer les avantages potentiels offerts par le mélange d'essences et par le maintien d'une ambiance forestière précieuse pour tamponner les effets du changement climatique. Aussi, l'intérêt pour la technique des plantations d'enrichissement en sylviculture à couvert continu prend de l'ampleur. Déjà pratiquée dans le passé, des initiatives de plus en plus nombreuses employant cette technique voient le jour sur le territoire français ces dernières années selon des modalités variées. Le Vocabulaire forestier (Bastien et Gauberville, 2011) définit ainsi le terme « enrichissement » : *plantation réalisée à faible densité ou avec un faible nombre de plants forestiers [par rapport à une plantation en plein] en vue d'améliorer la valeur ou la diversité d'un peuplement forestier existant.* Au-delà de cette formule, les plantations d'enrichissement en sylviculture mélangée à couvert continu\* (SMCC) apportent des éléments de réponse aux enjeux décrits précédemment en tirant largement parti de l'ambiance forestière maintenue au cours du temps. En tamponnant certains épisodes climatiques extrêmes, elles présentent de bons taux de survie durant les premières années suivant la plantation. Dans les systèmes de futaie irrégulière, la régénération naturelle est privilégiée. Cependant, les enrichissements peuvent apporter un complément intéressant lorsque les essences présentes ne correspondent pas aux attentes et objectifs des propriétaires et gestionnaires. Ils peuvent également s'inscrire dans une stratégie de renouvellement visant l'obtention de peuplements mélangés potentiellement plus aptes à faire face aux évolutions climatiques, tout en limitant les risques et les investissements.



*Dans un contexte changeant, les forestiers diversifient leurs approches pour adapter les peuplements.*

C'est cette technique qui est développée dans la brochure « **Les enrichissements en sylviculture mélangée à couvert continu – Retours d'expérience de la conception à la réalisation** ». Ce document a été réalisé en combinant ressources bibliographiques et contributions de propriétaires, gestionnaires ou conseillers forestiers ayant souhaité partager leur retour d'expérience. Parmi les chantiers signalés, une sélection a été opérée selon leur adéquation au cadre de l'étude (cf. *Préambule*). Les sites retenus ont été visités et ont fait l'objet d'un entretien poussé avec les acteurs impliqués dans la conception et la mise en œuvre de ces initiatives



d'enrichissement. Ces échanges riches en idées et en informations ainsi que les apports de la bibliographie constituent le matériau principal du document.

La première partie de cette brochure permet de prendre du recul sur la pertinence des plantations d'enrichissement au regard des enjeux à traiter. Quelles sont les problématiques auxquelles les enrichissements peuvent répondre, et dans quelle mesure ? Quels objectifs peuvent-ils servir ? Dans quels cas les enrichissements ne constituent pas *a priori* une réponse adaptée ?

La seconde partie de ce document propose une méthode d'approche pour la préparation d'un chantier d'enrichissement. Elle présente les grandes étapes de réflexion initiale et souligne les points d'attention à ne pas oublier lors de la conception de ce type de projet.

Ces points d'attention sont détaillés dans une troisième partie qui, par le biais de réflexions techniques, traite du choix des zones d'implantation jusqu'au suivi et la gestion future du peuplement, en passant par les choix techniques des plantations en elles-mêmes. Des études de cas concrets, plus complètes, sont présentées en complément de cette approche par thématique.

La conclusion dresse un premier panorama des possibilités offertes par les enrichissements en sylviculture à couvert continu ainsi que certaines limites et des zones d'ombre restant à explorer. La poursuite des tentatives, des suivis et surtout des partages d'expériences futurs seront précieux pour « enrichir » – bien évidemment – les connaissances sur cette technique encore exploratoire mais en pleine expansion.



*Ces dernières années, les initiatives autour de la technique de plantation par enrichissement se démultiplient. Elles se déclinent sous différentes modalités et dans des contextes forestiers divers.*





### Enrichissements ou Plantation d'enrichissement

« Plantation réalisée à faible densité ou avec un faible nombre de plants forestiers en vue d'améliorer la valeur ou la diversité d'un peuplement forestier existant » (Vocabulaire forestier). La « faible densité » ou le « faible nombre de plants » sont définis par rapport à une densité ou nombre de plants d'une plantation en plein, qui fluctue généralement entre 1 100 et 1 600 plants par hectare.

### Placeau

« Surface de très faible étendue, préparée en vue d'un ensemencement ou d'une plantation. » (Vocabulaire forestier)

- **Plantation par nids** (= petit placeau à forte densité) : Plantation par placeaux d'une surface de **quelques mètres carrés, à très forte densité de plants**, ces derniers étant généralement espacés de moins d'1m.
- **Plantation par petit placeau** : Plantation par placeaux d'une surface de **quelques dizaines de mètres carrés**.
- **Plantation par grand placeau** : Plantation par placeaux d'une surface comprise **entre 100 et 500 m<sup>2</sup>** (seuil avec le bouquet).

### Bouquet

Ensemble d'arbres présentant une certaine homogénéité, d'une surface comprise entre 500 m<sup>2</sup> et 5 000 m<sup>2</sup> au sein d'une parcelle, difficile à cartographier. Il n'a pas vocation à constituer une unité de gestion (d'après Vocabulaire forestier). L'emprise du bouquet est supérieure à celle du placeau et inférieure à celle du parquet.

L'effet de l'abri latéral sur une plantation ou une régénération naturelle s'estompe progressivement avec la taille du bouquet et devient négligeable en système de parquet. En pratique, **en sylviculture à couvert continu, la plantation par bouquet ne dépasse pas 2 500 m<sup>2</sup>**. Au-delà de ce seuil, le couvert est considéré comme interrompu et les conditions se rapprochent de celles d'une plantation en plein.

### Point d'appui

Technique de plantation réalisée par placeaux d'une surface de 4 à 50 m<sup>2</sup>, implantés selon un dispositif géométrique systématique, pouvant s'appuyer sur la desserte interne (d'après Vocabulaire forestier et Les plantations en points d'appui, Forêt-Entreprise N°259). L'espacement entre les plants y est réduit afin de favoriser la qualification des tiges entre elles.

### Plantation en ambiance forestière

Plantation sous couvert ou dans des trouées conservant une ambiance forestière (microclimat particulier caractérisé par des températures et une humidité tamponnées).

### Plantation sous couvert

Plantation « **sous l'abri d'un ancien peuplement dont le couvert absolu\* est encore supérieur à 25 %**. » (d'après la définition IFN du reboisement artificiel sous abri).

Inclut aussi : **Plantation sous abri**

Itinéraire très fréquemment retenu pour enrichir les hêtraies et les pinèdes dans les années 60-80, pour favoriser la survie des plants les premières années. L'abri peut être vertical (conservation de tiges précomptables au-dessus des plants) ou latéral (plantation en bandes, placeaux ou bouquets).

### Enrichissement par plants dispersés

Plantation par plants isolés, en duo ou disposés en ligne courte, généralement réalisée à l'opportunité sous couvert forestier.

### Trouée

Ouverture temporaire du couvert, de surface généralement inférieure à 5 000 m<sup>2</sup> (borne supérieure du bouquet).

# 1. Pertinence de la technique des enrichissements pour répondre aux problématiques forestières rencontrées

La technique des enrichissements telle que définie dans le cadre de ce document constitue un moyen d'action mais pas un objectif en soi.

Séduisante pour certains propriétaires ou professionnels par l'apparente sensation de contrôle des actions menées et la possibilité pour le forestier d'être proactif dans un contexte incertain, la technique des enrichissements est parfois déployée sans avoir établi clairement au préalable les objectifs recherchés. Sans définition des buts ou sans indicateurs de contrôle et de réussite, ces enrichissements peuvent se traduire par des échecs partiels ou totaux.

C'est pour cette raison qu'il est nécessaire de bien réfléchir en amont aux orientations assignées aux peuplements et de s'interroger sur le niveau de pertinence du recours aux enrichissements pour aboutir au(x) but(s) recherché(s). De même, il convient d'identifier le moment opportun pour réaliser ou non les enrichissements en prenant en compte l'état du peuplement et la dynamique naturelle à l'œuvre (régénération naturelle en cours, en attente ou bloquée).

## 1.1 Degré de pertinence des enrichissements selon les objectifs poursuivis.

Les objectifs présentés ci-après ont été définis par les personnes rencontrées durant le projet ENRICHIRR. Bien que ne constituant pas une liste exhaustive, ils reflètent la variété de situations et des attentes des propriétaires et de leurs gestionnaires.

Les objectifs ayant motivé le recours à la technique des enrichissements sont souvent multiples et combinés.

### Renouveler le peuplement / Compléter la régénération en place

L'enrichissement permet d'introduire de jeunes plants au sein des peuplements et donc de contribuer à leur renouvellement. Cependant, le recours à cette technique n'est pas le plus pertinent pour assurer le renouvellement d'une parcelle dans sa globalité, puisque la technique elle-même ne porte que sur de petites surfaces et vise un nombre limité d'arbres arrivant à l'âge adulte. Il peut y contribuer pour partie en s'inscrivant dans le temps long, avec une logique de campagnes successives d'enrichissements, réparties dans l'espace et dans le temps en complément de la dynamique naturelle observée. En SMCC, le renouvellement est principalement basé sur la régénération naturelle, qui se développe lorsque les conditions de lumière sont en adéquation avec les besoins des essences. Elle est escomptée lorsque les arbres producteurs sont récoltés, et n'occupe à un instant  $t$  que 10 à 20 % de la surface de la parcelle considérée. Ainsi, le renouvellement est continu dans le temps et les enrichissements contribuent à l'effort de régénération du peuplement, sans pour autant en assurer seuls la complétude. En phase de

conversion de peuplements riches en Petits Bois ou en Bois Moyens, le besoin en régénération est faible à nul, ce qui ne légitime pas l'emploi de l'enrichissement. Au stade Bois Moyens-Gros Bois, la question mérite d'être considérée.

Si cette technique est employée dans l'objectif de compléter quantitativement et de diversifier la régénération naturelle, elle prend tout son sens. Les plants installés permettent alors d'ajuster ou de combler certaines lacunes de répartition ou de composition du renouvellement. Ils complètent le panel d'essences qui parfois pourrait être présent mais ne l'est pas, ou pas encore, du fait de l'historique des peuplements (absence de semenciers alentours, peuplements jeunes installés sur d'anciennes terres agricoles sans « banque de graines » ou conséquence d'une ancienne « chasse au feuillu » dans les peuplements résineux par exemple).

La technique des enrichissements est alors pertinente et permet notamment de bénéficier de l'ambiance forestière, propice à de meilleurs taux de reprise en cas de conditions climatiques défavorables.

### Contribuer à l'adaptation du peuplement aux évolutions



## climatiques / Anticiper les dépérissements prévisibles / Cicatriser des secteurs ayant subi des perturbations

Il s'agit désormais d'objectifs prioritaires et récurrents pour les forestiers. La technique des enrichissements est perçue comme un moyen de faciliter, d'accélérer et de contribuer à l'adaptation des peuplements aux évolutions climatiques. Elle permet également de profiter du brassage génétique des essences adultes en place et de celles nouvellement introduites. Elle peut s'inscrire dans une stratégie de migration assistée\* ou donner très progressivement la place à de nouvelles essences choisies et souhaitées par le forestier. Si l'adaptation du peuplement aux évolutions climatiques futures dépend de l'intensité de l'effort d'enrichissement et de la bonne adéquation entre conditions stationnelles et choix des essences plantées, la limite principale de cette technique est le facteur temps. À court terme et jusqu'à ce que les plants introduits arrivent dans l'étage dominant, leur rôle sera restreint. Ce n'est qu'au stade des arbres précomptables\* qu'ils pourront contribuer efficacement à la production, à l'accueil de la biodiversité ou encore à l'établissement d'un couvert significatif. Plus tard, ils joueront un rôle dans le renouvellement par la production de graines.

Dans les taillis (Châtaignier, Hêtre...), l'introduction de plants en enrichissements permet de modifier aussi partiellement le « régime sylvicole » et de basculer vers une régénération sexuée (arbres issus de graines) plutôt que de rester sur une régénération asexuée (issue de rejets de souches). Ainsi, il est possible d'installer la même espèce en enrichissement que celle qui constitue le peuplement, pour permettre ce

basculement de systèmes de taillis (à la vitalité des souches altérée) vers un peuplement présentant des systèmes racinaires « neufs ».

Réalisés par anticipation, les enrichissements peuvent, sur le moyen terme, jouer un rôle d'atténuation de la sensibilité du peuplement à d'éventuelles attaques d'insectes (effet de dilution comme dans l'exemple de la chenille processionnaire au sein d'un peuplement mélangé Pins-Chênes-Bouleaux). Il s'agit dans ce cas de figure de profiter de l'ambiance forestière encore suffisante pour maximiser la réussite des plantations.

En cas de dépérissements progressifs ou de perturbations ponctuelles, les enrichissements peuvent être mis en œuvre de manière avantageuse pour cicatrifier les dommages subis sans supprimer par anticipation l'ambiance forestière du peuplement restant. Le forestier profite alors de l'occasion pour introduire des essences absentes, reconstituer la zone et diversifier le renouvellement.

Lorsque la perturbation est massive (en surface et en intensité), notamment au-delà de 40-50 % du peuplement, la technique de plantation par enrichissement paraît inadéquate et inopérante. L'instabilité créée, la perte d'ambiance forestière et l'avenir incertain des arbres restants remettent en cause la conduite du peuplement et l'intérêt des investissements sous cette forme.

## Accélérer l'irrégularisation

Dans des forêts équiennes et par nature, assez homogènes, la conversion des peuplements vers des structures et des compositions plus diversifiées peut être longue, en particulier pour l'acquisition d'une « structuration verticale », à savoir la présence de branches vertes et fonctionnelles dans toutes les strates. Des gestionnaires tentent d'accélérer le processus et d'obtenir plus rapidement une irrégularisation de cette structure par l'ouverture ciblée des peuplements en créant de petites trouées. Ces secteurs de surfaces plus ou moins importantes (quelques centaines de m<sup>2</sup> à 2 000 m<sup>2</sup> environ, soit moins de deux fois la hauteur des arbres adultes, permettent de favoriser l'apparition de régénération naturelle ou sont plantés sous forme d'enrichissements. Cette technique favorise le renouvellement à base d'essences diversifiées et souvent jusqu'alors non présentes au sein du peuplement. Elle permet d'éviter, dans certaines situations, des phases de blocage de la régénération. En s'appuyant sur des essences aux vitesses de croissance différenciées, l'irrégularisation au sein des placeaux ou des bouquets sera accélérée.

Si ce choix de gestion crée effectivement de l'hétérogénéité avec une arrivée plus précoce

*Plantation d'enrichissement par bouquet au sein d'une futaie régulière d'Épicéa commun gérée selon un mode de gestion à couvert continu.*



des strates basses, il est important de prendre en considération l'instabilité qui en résultera et les probables sacrifices d'exploitabilité correspondant aux arbres coupés avant d'avoir atteint leur maturité économique. Par ailleurs, la taille des trouées créées ne doit pas faire basculer le peuplement dans une logique de « renouvellement surfacique », qui n'est pas celle du traitement irrégulier. De plus, cet apport important de lumière peut s'accompagner d'un développement de végétation concurrente complexifiant les entretiens. Se restreindre à des renouvellements par placeaux ou bouquets permet de conserver l'ambiance forestière recherchée.

Pour rappel, en SMCC, l'irrégularité est une conséquence de la gestion et non un objectif en soi. Se focaliser sur la structure peut conduire à des effets contreproductifs.

## Améliorer le potentiel économique

Il est également possible de recourir aux enrichissements en s'appuyant sur le sens premier du terme, à savoir : augmenter la valeur du peuplement en place lorsque les essences présentes ou la qualité des arbres ne permettent pas une valorisation économique optimale du potentiel de la station. Le forestier peut décider d'introduire, par enrichissements, des essences plus adaptées à la station ou avec une valorisation économique supposée plus importante.

L'amélioration de la valeur du capital n'est possible que sur le moyen à long terme. Les enrichissements créent la première génération d'arbres à meilleur potentiel économique. Ils participeront ensuite à la constitution des générations suivantes. L'amélioration est également dépendante de « l'intensité » de l'enrichissement qui devra être suffisamment conséquent pour induire une évolution significative de la composition du peuplement et de sa valeur. Plus l'effet escompté est élevé, plus l'effort d'enrichissement doit être conséquent. Cependant, dans le cadre d'une sylviculture équilibrée, l'optimisation économique ne doit pas être obtenue au détriment de la fonctionnalité écologique du milieu.

## Améliorer le fonctionnement de l'écosystème forestier ou le système sylvicole

Certains peuplements monospécifiques ou essentiellement composés de conifères voient des éléments de leur fonctionnement altérés (recyclage de la matière organique peu efficace, régénération pénalisée par des phénomènes d'allélopathie\*, élagage naturel limité, moindre diversité spécifique...). La présence d'essences

diversifiées dans le peuplement contribue à corriger ces dysfonctionnements. L'enrichissement accélère l'arrivée de cette diversité utile pour les peuplements soit directement par les plants introduits, soit en facilitant l'installation d'autres essences par modification induite du microclimat forestier (ex : enrichissement de Hêtre au sein de pessières monospécifiques). Le rôle de ces essences dépend du temps écoulé et de la quantité introduite. Dès les stades juvéniles (fourrés-gaulis), les effets positifs peuvent être observés en termes de fonctionnalité de l'écosystème forestier mais également dans la conduite sylvicole du peuplement (participation au gainage et à l'élagage naturel notamment). Du point de vue sanitaire, à titre d'exemple, la présence de feuillus peut limiter la progression du fomes ou diluer les attaques des scolytes.

Par ailleurs dans les situations de plantations sur d'anciennes terres agricoles, les enrichissements diffus participent à l'aggradation\* du fonctionnement naturel des sols, à la fois sous l'angle minéral et organique. À long terme, cela améliore la fertilité et la productivité. Lorsque les essences introduites n'existent pas, ou très peu dans le paysage, les enrichissements permettent aussi d'accélérer la « remontée biologique » et d'améliorer le fonctionnement global du système (sol, cortèges d'espèces, habitats...).

## Remplacer les essences en place

Il arrive parfois que l'essence en place ne soit pas adaptée ou ne convienne pas au propriétaire ou gestionnaire. Il peut être tenté par le remplacement de cette essence en intégralité. En SMCC, cette orientation est très longue à concrétiser. Si les enrichissements peuvent permettre d'accélérer l'installation de nouvelles essences, cette technique n'est pas adaptée au renouvellement complet du peuplement à moins d'intervenir en phases successives et multiples s'étalant sur le temps long. Les plants installés contribueront à diversifier la composition du peuplement en jouant à leur tour un rôle de semenciers.

## Tester des essences à petite échelle

Pour différentes raisons (esthétique, scientifique, personnelle...), les forestiers peuvent désirer observer le comportement d'essences autochtones ou allochtones non présentes au sein de la propriété ou alentour. Pour limiter le risque associé à une introduction massive d'une essence au comportement non connu, la technique de l'enrichissement peut être employée. Elle sera pratiquée en introduisant un nombre de plants réduit



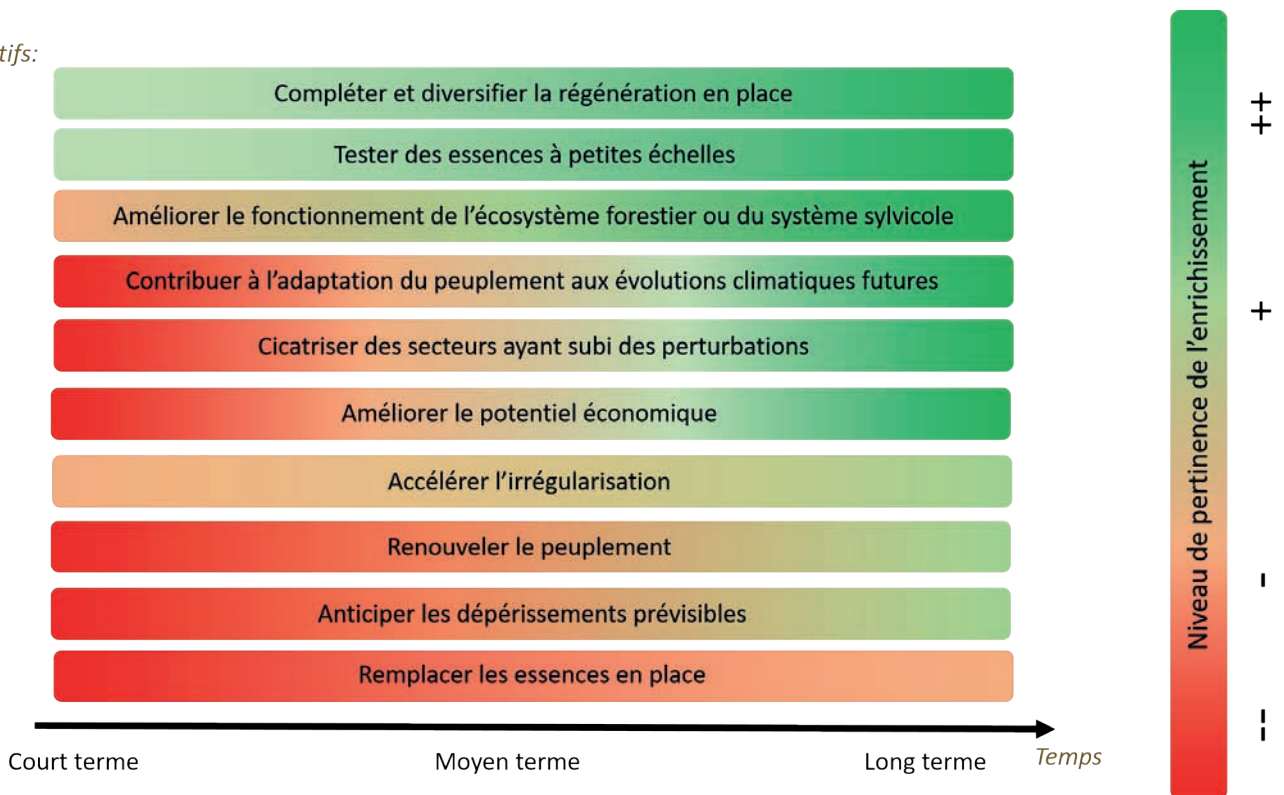


Philippe Gaudry © CNPF

dans des conditions variées et potentiellement maîtrisées. L'enrichissement correspond alors à un test de faible ampleur en conditions réelles. Il peut être réalisé à l'aide de jeunes plants ou d'arbres plus grands. Le suivi de ces expérimentations fournira des indications quant à l'adaptation et au comportement des essences testées et à l'intérêt ou non de les introduire en plus grandes quantités. Les enseignements tirés au stade juvénile ne doivent cependant pas être extrapolés aux stades de développement ultérieurs.

Il convient également d'être précautionneux quant à l'introduction de matériel végétal nouveau par rapport au milieu.

Objectifs:



*NB : Le niveau de pertinence de la technique pour atteindre l'objectif dépend également de l'effort d'enrichissement (densités des placeaux, densité des arbres dans les placeaux, fréquence d'introduction...).*

## 1.2 Vision statique ou dynamique ?

L'adéquation de la technique des enrichissements pour répondre aux objectifs du forestier dépend de l'échelle de temps associée. Les effets à long terme peuvent être différents et dissociés des effets à court terme des plantations réalisées (cf. *Synthèse page précédente*). Elle dépend également de l'intensité de l'enrichissement (nombre de placeaux, nombre de plants introduits, fréquence d'enrichissement).

En fonction des objectifs recherchés, ces enrichissements peuvent être conduits lors d'une seule opération permettant par exemple d'intégrer 200-300 plants/ha d'essences diverses, ou au contraire, être réalisés progressivement en plusieurs campagnes.

Il semble intéressant voire nécessaire de considérer l'enrichissement comme un geste technique à conduire parmi d'autres comme les dégagements ou les élagages. Le forestier peut par exemple recourir aux enrichissements après chaque coupe jardinatoire tous les 8 à 12 ans en implantant 25 à 50 plants supplémentaires/ha. Le sylviculteur tire alors parti de l'expérience acquise, ajuste les choix d'essences et identifie les secteurs où l'implantation est utile. Il s'inscrit dans une démarche d'adaptation progressive et continue des peuplements.

## 1.3 Ne pas recourir à l'enrichissement : parfois aussi un bon choix

La détermination des objectifs assignés au peuplement est essentielle pour évaluer la pertinence du recours aux enrichissements. Les notions de temporalité, d'intensité, couplées aux moyens à disposition permettent d'affiner les critères de choix.

Dans certaines situations, si les objectifs ne sont pas compatibles avec la SMCC (ex : renouvellement complet), si la technique en elle-même ne paraît pas optimale (ex : cas des secteurs en fort déséquilibre forêt-gibier) ou si les moyens à disposition ne sont pas suffisants, il peut être plus sage et économiquement plus intéressant de ne pas initier des actions d'enrichissement. S'appuyer sur la diversité existante, être patient, accompagner les dynamiques naturelles à l'œuvre constituée, dans un nombre important de cas de figure, la solution à privilégier avant d'étudier le recours aux enrichissements.

Renoncer à l'enrichissement ne doit pas être considéré comme un échec par le forestier, les résultats à dix ou vingt ans pouvant être très positifs et supérieurs à ceux obtenus par des enrichissements mal conduits ou mal suivis.

Les blocages associés à l'absence de régénération sont parfois levés au cours du temps (poursuite des éclaircies, restauration de l'équilibre sylvo-cynégétique, délais accordés aux processus naturels...). Le besoin d'enrichir s'estompe alors ou disparaît.

Enfin, il est nécessaire de ne pas intervenir trop précocement pour des questions de niveau de capital trop élevé ou d'exploitation à venir. Par exemple, enrichir avant de cloisonner ou d'installer durablement les emprises d'exploitation peut occasionner des pertes au niveau des plants introduits (casse, plants situés sur les axes de circulation).



## 2. Réflexions et méthodologie générale pour préparer un projet d'enrichissement

Lorsque le recours à la technique des enrichissements est jugé pertinent vis-à-vis des problématiques et objectifs du peuplement forestier considéré, il convient d'approcher la question de sa mise en pratique avec méthode. Un certain nombre d'étapes de réflexion gagnent à être suivies afin de ne pas faire l'impasse sur des points d'attention qui pourraient influencer le bon déroulement du chantier et *in fine* la réussite des plantations d'enrichissement réalisées. Chaque chantier est un cas particulier et doit être considéré dans son contexte stationnel, temporel et humain.

### 2.1 Évaluer avec franchise les moyens financiers et humains dédiés au projet

L'un des premiers facteurs à prendre en compte lors de la conception d'une plantation d'enrichissement est la question des moyens disponibles, aussi bien sur le plan financier qu'humain. Ces moyens vont conditionner l'ampleur de l'enrichissement et une grande partie des choix techniques envisageables.

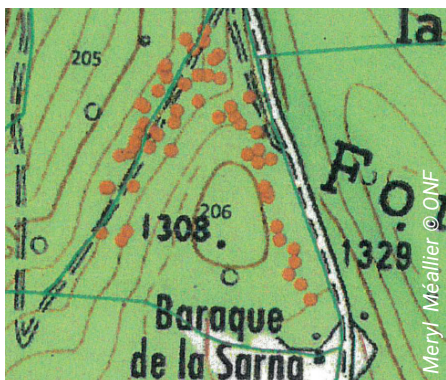
Les moyens financiers, correspondant à l'investissement consenti par le propriétaire, permettent la mise en œuvre initiale et le suivi (temps de suivi, éventuelles opérations de regarni ou d'entretien des enrichissements réalisés).

Pour mobiliser le budget nécessaire à l'investissement initial, il est intéressant d'étudier les dispositifs de financements dans lesquels peuvent s'inscrire les plantations d'enrichissement. Les déclinaisons du Fonds pérenne ou de dispositifs locaux comme Sylv'Acctes intègrent de plus en plus des modalités permettant de subventionner les initiatives d'enrichissement.

Les moyens humains correspondent au temps à consacrer par le gestionnaire, le propriétaire ou une tierce personne pour le montage et la mise en place du projet, et pour assurer un suivi régulier pendant et après la réalisation du chantier. Plus le suivi est fréquent, plus il sera possible de garantir la bonne exécution du chantier et une évolution post-chantier favorable, avec l'apport de corrections si nécessaires. La présence d'un forestier dédié à un secteur ou une propriété en capacité d'apporter ces soins réguliers est assez rare. Ces moyens humains sont pourtant essentiels pour réaliser des enrichissements, optimiser les chances de réussite, mais surtout pour assurer le suivi et les ajustements nécessaires une fois les plantations effectuées, et ce pendant plusieurs années.



*La surveillance régulière des plants introduits : un facteur de réussite.*



*Cartographie de placeaux implantés à proximité de la desserte, aisément accessibles.*

### 2.2 Cibler les zones accessibles pour faciliter la mise en œuvre et le suivi

Comme pour toute intervention sylvicole, une accessibilité aisée aux parcelles via une desserte suffisante (routes forestières, tires, cloisonnements d'exploitation...) et en bon état est indispensable pour la mise en œuvre et les suivis des plantations d'enrichissement dans de bonnes conditions.

Aussi, il est recommandé de choisir des sites à proximité de la desserte - et d'autant plus si elle est empruntable en véhicule léger - pour limiter le temps de déplacement et faciliter le transport des fournitures

(plants et protections) lors de la mise en œuvre, des entretiens et/ou de la dépose. À plus long terme, un accès facilité et rapide aux différents sites de plantation favorise un contrôle plus fréquent de leur évolution par le gestionnaire, notamment à l'occasion d'autres interventions ayant lieu dans le secteur. Les commodités d'accès contribuent donc à améliorer significativement le suivi, crucial pour la réussite des enrichissements.

Attention cependant ! S'il convient de s'appuyer sur la desserte pour réaliser les plantations, il faut veiller à ne pas planter dans les cloisonnements ou dans les tires car ils seront nécessaires pour la gestion future du peuplement et pour l'évacuation des bois récoltés.

## 2.3 Identifier les situations compatibles avec l'enrichissement

Évaluer, l'état du peuplement initial et anticiper son évolution est un préalable incontournable avant de passer à la conception de la plantation d'enrichissement en elle-même.

L'environnement lumineux (quantité de lumière perçue au fil de la journée) est particulièrement important. Il conditionnera la survie et la croissance des plants introduits. Il faut donc veiller à ne pas vouloir réaliser des plantations de manière trop précoce par rapport au stade de développement du peuplement. Le niveau de lumière perçue par les plants doit être évalué préalablement. Plusieurs indicateurs et méthodes peuvent être utilisés (cf. fiche technique p.20 sur la détermination du niveau de lumière).

Le niveau d'ouverture du peuplement, sa composition en essences, sa structure et son capital sur pied doivent permettre un éclairage relatif au sol compatible avec le développement des essences que l'on souhaite introduire. Si ce n'est pas le cas, un passage en éclaircie ou bien l'ouverture volontaire de trouées bien orientées et bien dimensionnées pourront s'avérer être des préalables à la réalisation des plantations d'enrichissement.

En complément de l'évaluation du niveau d'ouverture au moment de l'enrichissement, il est nécessaire d'estimer le risque de fermeture du couvert et donc le risque d'une baisse significative de l'éclairage relatif au sol.



*Ouverture dans le couvert forestier, modifiant l'environnement lumineux local*



*Poche d'Épicéas dépérissants ou morts sur pied : une opportunité à saisir pour enrichir ?*

L'état sanitaire du peuplement doit également être étudié. S'il est trop dégradé, le maintien de l'ambiance forestière ne pourra pas être assuré. L'ouverture du couvert peut être brutalement accrue et des récoltes significatives d'arbres seront réalisées. L'exploitation associée peut occasionner des dégâts aux arbres plantés. Si l'ampleur des dépérissements et leur vitesse restent modérées et compatibles avec un enrichissement en ambiance forestière, ils peuvent néanmoins conditionner les modalités d'enrichissement adoptées (type d'enrichissement, étalement dans le temps, etc.).

## 2.4 Déterminer les conditions stationnelles et évaluer la dynamique de végétation

Le contexte stationnel et ses évolutions probables avec le changement climatique, ainsi que les dynamiques de régénération naturelle, de végétation concurrente ou de végétation accompagnatrice, sont des informations précieuses pour concevoir un projet d'enrichissement adapté aux conditions particulières de chaque peuplement. Ces critères entreront en compte dans le choix des essences, le choix du type d'enrichissement et de ses modalités (sites de plantation, préparation du sol et gestion de la végétation concurrente, espacement entre plants, ...). La planification du suivi après réalisation



de la plantation (fréquence du suivi, type de travaux nécessaires, ...) sera également dépendante des caractéristiques constatées. Sur stations riches, les entretiens seront vraisemblablement accrus (dégagement, rectification des fourchaisons...). La végétation accompagnatrice pourra, à l'inverse, jouer le rôle d'auxiliaire en protégeant les plants des cervidés ou en servant de bourrage qui stimulera leur croissance apicale.

## 2.5 Estimer le déséquilibre sylvo-cynégétique et le niveau de risque associé

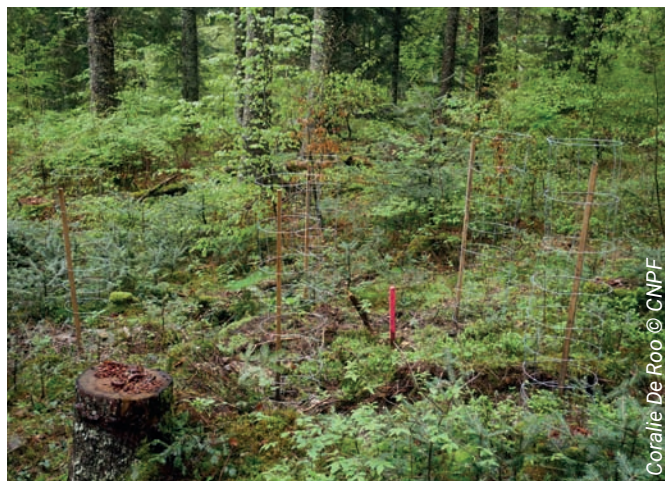
Il est central de bien prendre en compte les populations d'espèces animales susceptibles d'occasionner des dégâts aux plants... S'il y a déséquilibre sylvo-cynégétique, les espèces présentes et le niveau de pression qu'elles exercent se répercuteront non seulement sur le type de protections nécessaire – et sur le coût associé – mais aussi sur la réussite même de la plantation d'enrichissement. Les dégâts occasionnés par les animaux concernent les systèmes de protection dans les premières années puis les plants une fois hors de la protection mise en place initialement. Si le niveau de pression des cervidés est sous-évalué, l'investissement financier et humain associé au projet peut être réduit à néant. Ainsi, dans certains cas et selon les moyens disponibles, un trop fort déséquilibre peut même amener à renoncer à la technique des enrichissements. Il convient alors de commencer par œuvrer, avec les chasseurs, au rétablissement de l'équilibre forêt-gibier avant de se projeter sur d'éventuelles campagnes de plantations de diversification. Il est aussi possible de protéger une partie de la régénération naturelle par des enclos. Cette mesure permettra également d'évaluer le niveau de pression exercée par les cervidés.



*Plant de Cèdre de l'Atlas abouti*

## 2.6 Bien repérer pour mieux communiquer et mieux suivre

Anticiper le repérage spatial des sites enrichis (via une signalétique sur le terrain, des relevés GPS, etc.) est un point clé pour retrouver aisément les plants introduits. Il permet aussi d'assurer une bonne transmission des informations entre les intervenants (propriétaire, gestionnaire, ouvrier sylviculteur). Il se concrétise a minima par une simple localisation des sites enrichis sur carte. En fonction des besoins et des types de projets, cette spatialisation des sites d'implantation peut être avantageusement complétée par des informations relatives aux essences, aux modalités adoptées, aux types de protection... Ce repérage doit être optimisé pour le volet opérationnel associé à la mise en place et le suivi à long terme de la plantation d'enrichissement.



*Emplacement d'un petit placeau repéré par un piquet de châtaignier peint et un point GPS*

Dans le cas particulier de l'intégration de l'initiative à un réseau de référence et de suivi expérimental, il est primordial que le dispositif soit précisément repéré, que les données de l'environnement immédiat soient collectées et que l'historique des actions conduites soit archivé. La référence et les données associées doivent être connues et mises à disposition de plusieurs forestiers afin d'éviter la perte d'informations, qui peut advenir par exemple lors de mobilités professionnelles.



## 2.7 S'appuyer sur des intervenants qualifiés

L'importance du facteur humain a précédemment été évoquée sous l'angle des moyens humains (propriétaires et gestionnaires) nécessaires pour le suivi. Il ne faut pas négliger l'importance de la qualité des professionnels intervenant lors de la mise en œuvre et tout au long du suivi : les équipes ayant un regard sylvicole, comprenant la logique des plantations d'enrichissement, voire ayant déjà réalisé des chantiers similaires, sont des équipes à valoriser. Pour une même exigence de résultat, leur plus grande autonomie et leur capacité d'initiative permettront assurément d'éviter certaines erreurs techniques. Le travail de préparation et d'accompagnement par le gestionnaire sera également facilité. La technique des enrichissements n'étant pas encore démocratisée, les intervenants qui en maîtrisent les tenants et les aboutissants sont encore rares. Cette montée en compétences des gestionnaires et des ouvriers sylviculteurs sera progressive. Elle peut être facilitée par des moments d'échanges ou des formations ou des retours d'expérience. Dans cette perspective, la motivation, l'intérêt et l'implication des parties prenantes constituent les qualités principales.

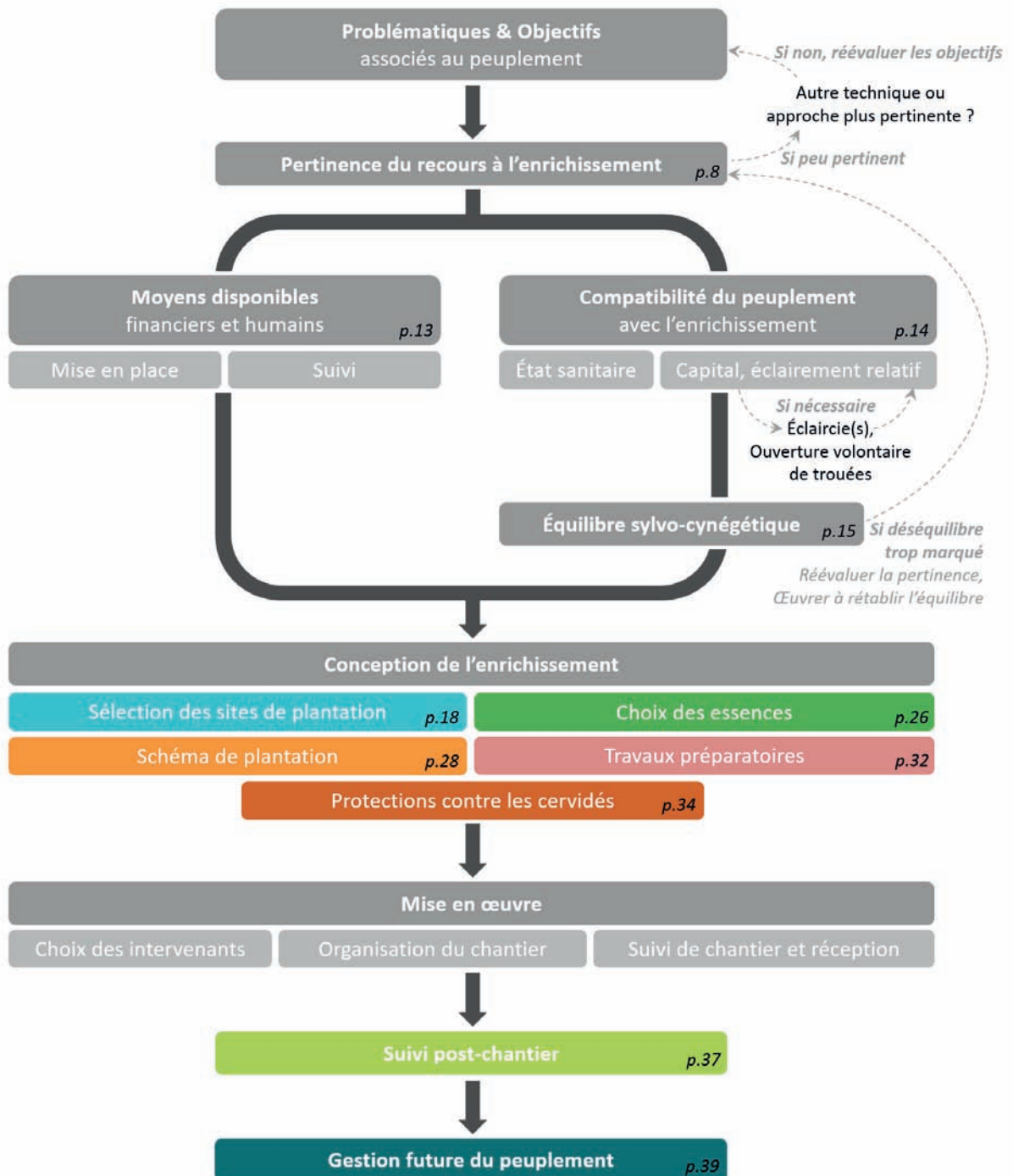
**La prise en compte des critères précédemment cités est indispensable à tout projet d'enrichissement. La détermination en amont de ces éléments, des forces et faiblesses en présence, de la disponibilité et des compétences des hommes et des femmes impliqués dans le projet orienteront sa conception. Des choix techniques (type d'enrichissement, essences, protections...) découleront des constats réalisés dans cette phase d'approche initiale.**

**Si l'optimisme doit rester de mise, il est essentiel que l'approche préalable du projet soit réalisée de manière honnête et réaliste afin de ne pas surestimer ou sous-estimer certains critères clés de réussite. Il est souvent préférable de décaler dans le temps un projet afin d'en améliorer sa préparation et sa conception que de le réaliser à la hâte sous l'effet du stress ou de l'enthousiasme.**





## Concevoir un projet d'enrichissement Méthodologie générale



# 3. Déclinaison thématique des points clés d'attention

## 3.1 Sélection des sites de plantation

Le choix des sites de plantation d'enrichissement est le résultat d'un arbitrage entre de multiples paramètres : accessibilité, conditions stationnelles, dynamique végétale, environnement lumineux, état sanitaire du peuplement, etc. Ces paramètres font tous partie intégrante de la réflexion, leur importance variant selon les contextes. Par ailleurs, il est nécessaire de remettre systématiquement en perspective le choix des sites avec les moyens disponibles (cf. Partie 2). Des moyens modestes mènent à une plus forte exigence sur la majorité des paramètres évoqués afin de rationaliser et d'optimiser les investissements.

### Accessibilité

L'accessibilité des sites enrichis étant l'un des facteurs clés de réussite d'un enrichissement (cf. Partie 2.2), elle est à intégrer à la réflexion quant au choix des secteurs d'implantation. La présence de cloisonnements ou de tires de débardage à proximité est un préalable indispensable à la réalisation de chantiers d'enrichissement, en particulier pour les modalités basées sur des surfaces restreintes (nids, petits placeaux) moins visibles de loin. Les cloisonnements permettent :

- de se repérer et se déplacer plus aisément dans la parcelle ;
- d'installer des placeaux selon une logique systématique (par exemple, un placeau tous les 15 mètres, alternativement à droite et à gauche du cloisonnement) lorsque le contexte s'y prête ;
- d'établir des axes pour la circulation d'engins sur le long terme. Les plantations réalisées en interbandes sont ainsi assurées de ne pas être « sacrifiées » pour la circulation dans la parcelle à l'avenir.

### Conditions stationnelles

Les stations les plus fertiles doivent être privilégiées pour la mise en œuvre de plantations d'enrichissement à but de production. Elles laissent espérer de meilleurs taux de survie (liés à une moindre exposition au risque de sécheresse par exemple) et un développement dynamique des plants introduits, avec un potentiel économique permettant de mieux « rentabiliser » les investissements initiaux. Il est illusoire de penser produire en quantité des bois de haute qualité sur des stations au potentiel limité. Le recours à l'enrichissement ne permet pas de telles améliorations. Lorsque l'enjeu de diversification prime sur la production, des stations de fertilité intermédiaire peuvent convenir.

Ces stations plus riches sont en revanche associées à des dynamiques de végétation plus fortes qu'il convient de surveiller et maîtriser lors des phases d'entretien. La fréquence ou l'intensité des dégagements nécessaires peuvent ainsi être accrues.

### Éclaircissement relatif

L'éclaircissement relatif ou environnement lumineux dépend fortement de l'historique et du mode de gestion pratiqué. Partagé en deux composantes, lumière directe et lumière diffuse, c'est l'un des paramètres les plus variables dans l'espace (l'éclaircissement relatif en deux points espacés de quelques mètres peut être très différent) et dans le temps (fermeture du couvert après éclaircie, développement de végétation concurrente, etc).

Disposer d'une luminosité suffisante pour le développement des plants est une préoccupation dominante chez les forestiers mettant en place des enrichissements en sylviculture à couvert continu. Les incertitudes autour de ce paramètre, complexe à appréhender, sont en partie dues au manque de références, repères et outils concernant les besoins en lumière des essences au stade juvénile et la quantification de la lumière disponible en un point.



*Enrichissement par petits placeaux avec protection collective, implantés dans une combe au sol plus profond et au meilleur approvisionnement en eau.*



### • Comment quantifier l'éclaircissement en un point ?

La mesure de la surface terrière couplée à la composition en essences et la structure du peuplement constitue une première approche de l'éclaircissement. La collecte de données telles que la situation de la parcelle, sa pente, son exposition, la taille et l'orientation de la trouée complètent le diagnostic. Un certain nombre d'outils ou de méthodes spécifiques à la quantification de l'éclaircissement existent pour préciser cette première approche (cf. « Fiche lumière »).



Coralie De Roo © CNPF

*Peuplement de Pin noir d'Autriche à 18 m<sup>2</sup>/ha, régularisé en Bois moyens. Les houppiers de Pins ayant une faible opacité, ils permettent un éclaircissement relatif sous couvert correspondant aux besoins en lumière des essences plantées (Sapins méditerranéens, Cèdre, Érables sycomore ou plane, Chêne sessile, Tilleul). La présence de régénération naturelle de Pin, plus exigeante en lumière que les essences plantées, indique également un éclaircissement relatif suffisamment élevé.*



Coralie De Roo © CNPF

*Peuplement mélangé de Sapin pectiné, Hêtre et Épicéa à 30 m<sup>2</sup>/ha irrégularisé en diamètres et en hauteurs. Les strates arbustive et arborée inférieure sont fortement occupées par le Hêtre, également bien présent au sein de la régénération naturelle. Ces photographies prises en début de saison de végétation, minimisent l'impact visuel du couvert apporté par le Hêtre. Les houppiers du peuplement en place font obstacle à la course du soleil. Bien que les petits placeaux soient installés dans des trouées d'exploitation, l'éclaircissement relatif risque de ne pas être suffisant pour le développement des plants. Des travaux dans le sous-étage de Hêtre à proximité, par exemple, pourraient augmenter l'éclaircissement relatif de ce site enrichi.*

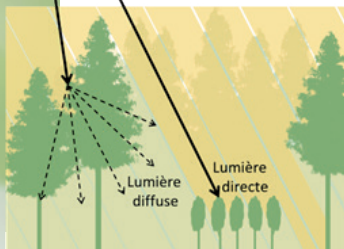
### • Éclaircissement au sein des trouées

La forme, la dimension et l'orientation des trouées sont naturellement très diversifiées. Les zones les plus éclairées sont situées dans la partie nord de celles-ci, voire légèrement sous le couvert des arbres qui en forment la lisière nord. Ceci est une conséquence directe de la course du soleil. Ainsi, les enrichissements réalisés doivent en tenir compte dans le choix de leur localisation, des essences et de leur positionnement relatif.



## Lumière en forêt – Importance et mesures

### De quelle lumière parle-t-on ?



L'éclairement relatif se compose de deux types de flux lumineux.

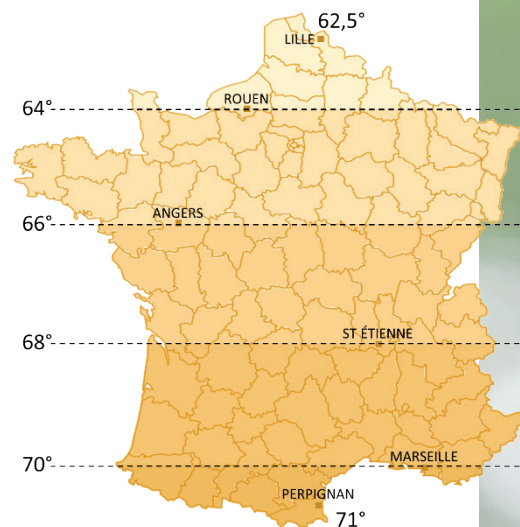
Éclairement relatif (Er)	Rapport par unité de surface (exprimé en %) d'un flux lumineux reçu sous couvert forestier sur le flux reçu en plein découvert. Er= $\frac{\text{Flux lumineux reçu sous couvert forestier}}{\text{Flux lumineux reçu en plein découvert}}$
Lumière directe	Flux lumineux arrivant directement du soleil en un point.
Lumière diffuse	Flux lumineux parvenant de l'ensemble de la voûte céleste. Il résulte de la somme des rayonnements réfléchis, filtrés, transmis (par les nuages, les houppiers, etc.).

### Le dosage de la lumière : l'acte clé du forestier

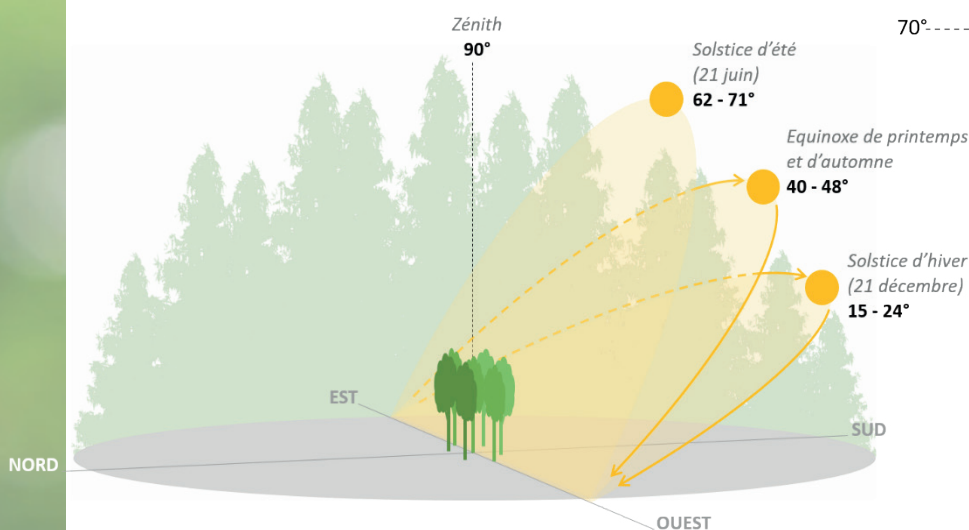
L'accès de la régénération à la lumière est déterminant pour la survie et la croissance des jeunes tiges. Adapter l'éclairement, par des éclaircies ou par des travaux dans la strate arbustive influe sur la croissance en hauteur, l'élagage naturel des jeunes sujets, ou le développement de la végétation concurrente. Ce dosage de la lumière s'inscrit dans une dynamique : les conditions lumineuses en un point ont tendance à diminuer avec le temps (fermeture du couvert), tandis que les besoins en lumière des tiges ont tendance à augmenter avec l'âge. L'éclairement est le facteur principal que le forestier peut moduler par ses interventions. Il est donc primordial de réussir à l'estimer et le faire évoluer en fonction des besoins identifiés.

### S'approprier les notions de base et références

- Course du soleil.** La lumière directe provenant du soleil n'arrive jamais du zénith (situé à la verticale). En France, l'angle d'incidence maximal annuel de la lumière directe est de 62,5° à 71° au solstice d'été selon la latitude (cf. carte ci-contre). La course du soleil d'est en ouest passe par un maxima au sud entre 40 et 71° en saison de végétation (cf. schéma ci-dessous, à adapter selon la latitude). Cette approche permet au forestier de repérer les trouées laissant passer la lumière directe et les houppiers y faisant obstacle.



Angle maximal annuel du soleil selon la latitude en France



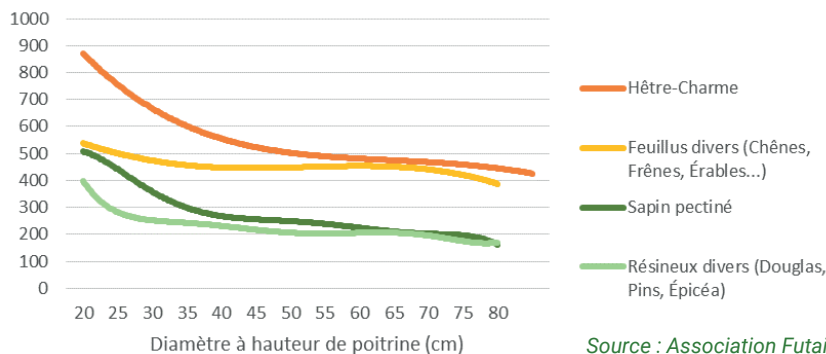
La course du soleil varie au cours de l'année : sa trajectoire durant la saison de végétation est un paramètre à prendre en compte pour estimer l'arrivée de lumière directe en un point.



■ **Coefficient de couvert.** Il correspond au rapport entre la surface projetée au sol du houppier et la surface terrière de l'arbre.

$$\text{Coefficient de couvert} = \frac{\text{Surface du houppier projetée au sol (en m}^2\text{)}}{\text{Surface terrière de l'arbre (en m}^2\text{)}}$$

Un coefficient de couvert de 500 signifie que 1 m<sup>2</sup>/ha de surface terrière génère un recouvrement vertical (surface projetée du houppier au sol) de 500 m<sup>2</sup>. Il suffit de 20 m<sup>2</sup>/ha pour obtenir 100 % de recouvrement vertical. Ces niveaux aident à positionner les « capitaux d'équilibre » en SMCC.



L'exploitation des données des dispositifs de l'Association Futaie Irrégulière permet d'établir certains constats :

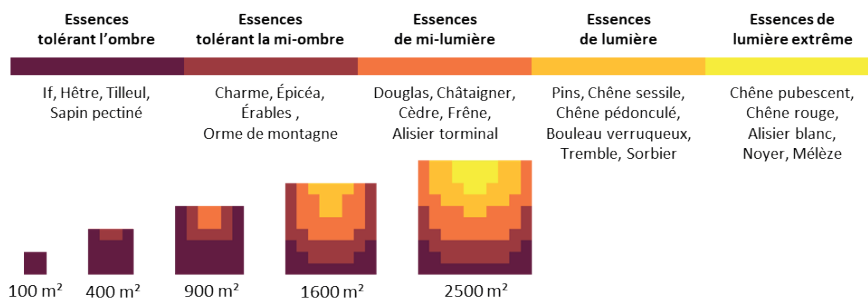
- Le coefficient de couvert varie selon le diamètre de l'arbre et l'essence.
- Les essences feuillues possèdent des coefficients de couvert supérieurs à ceux des résineux. Le Hêtre et le Charme ont un coefficient de couvert très élevé qui chute rapidement avec la croissance en diamètre puis se stabilise. Pour les autres feuillus, ce coefficient est moins élevé et décroît lentement.
- Au sein des conifères, le Sapin est l'essence au coefficient de couvert le plus élevé. Comme pour le Hêtre, il décroît fortement avec le diamètre. Les autres essences résineuses présentent des coefficients plus faibles, selon un ordre décroissant Douglas > Épicéa > Pin sylvestre. Les faibles coefficients de couvert des résineux autorisent un niveau de capital sur pied supérieur aux feuillus pour assurer leur renouvellement.
- À surface terrière égale, les peuplements riches en GB laissent pénétrer davantage de lumière que dans des structures à PB ou BM majoritaires.

De manière pratique, le coefficient de couvert permet de prendre en compte la composition en essences et la structuration en diamètres dans l'estimation du couvert. Il convient également d'intégrer dans la réflexion la notion de « perméabilité » du couvert, très différente entre un Pin sylvestre ou un Mélèze et un Hêtre.

■ **Besoins en lumière directe des essences et taille de trouée.** Les besoins en lumière des stades juvéniles dépendent de l'essence considérée. Une étude suisse (cf. extrait modifié ci-dessous) met en lien les besoins en lumière de quelques essences avec la taille des trouées où ces besoins sont satisfaits. Les ordres de grandeur présentés sont à prendre avec précaution (trouées simplifiées sous forme de carrés, sans pente, peuplement de bordure totalement opaque de hauteur comprise entre 30 et 40 m).

Besoins en lumière directe de quelques essences (d'après Ammann et al., 2024)

Disponibilité en lumière directe selon la taille de la trouée et la position à l'intérieur de la trouée (d'après Ammann et al., 2024)



Le schéma précédent spatialise les niveaux de lumière directe dans les trouées en fonction de leur surface. Il s'agit donc d'un niveau de lumière « garanti ». En raison de la course du soleil, les zones situées au nord de la trouée sont les plus éclairées. Grâce à la lumière diffuse, le flux de lumière total est plus élevé. Ainsi, la surface minimale de trouée permettant l'installation des essences est toujours inférieure aux surfaces indiquées dans cette étude (le Mélèze peut se régénérer dans des trouées de moins de 2 500 m<sup>2</sup> par exemple).

## Objectiver les impressions par des mesures

La lumière se quantifie difficilement de manière directe. En raison de la course du soleil, une mesure par luxmètre fournira une donnée très ponctuelle de l'intensité lumineuse dépendant de la date, de l'heure et des conditions météorologiques. À moins d'effectuer des mesures en continu dans un dispositif expérimental, elle n'est pas représentative de la disponibilité en lumière sur l'ensemble de la saison de végétation. L'ouverture du couvert est donc le principal indicateur utilisé pour estimer l'apport potentiel de lumière. Des méthodes et outils variés existent pour quantifier cette ouverture.

### ■ Indicateurs usuels : associer surface terrière, essences, structure, pente et exposition



Coralie De Roo © CNPF

La mesure de la surface terrière couplée à la composition en essence et à la structure du peuplement constitue une première approche de l'ouverture du couvert.

La collecte de données complémentaires telles que la situation de la parcelle, la taille de l'éventuelle trouée, la hauteur du peuplement, la pente et l'exposition de la zone étudiée en lien avec la course du soleil permettent d'affiner l'estimation de la disponibilité en lumière au cours de la saison de végétation.

*Dans les peuplements monospécifiques à structure régulière, la surface terrière (associée à l'essence et au diamètre moyen) est bien corrélée à l'éclairement relatif en sous-étage. Cette relation est moins évidente dans les peuplements à structure irrégulière et mélangés aux conditions de lumière plus hétérogènes.*

### ■ Photographies hémisphériques : l'outil de référence en dispositif expérimental

Cette méthode est actuellement l'une des plus fiables pour quantifier l'ouverture du couvert et permet aussi de calculer la durée d'ensoleillement direct en un point. Cependant, elle nécessite un traitement informatique et n'est pas compatible avec une utilisation en gestion courante. Des applications mobiles proposent un calcul du taux d'ouverture du couvert en direct (par exemple, l'application GLAMA). Malgré une fiabilité inférieure, elles permettent une estimation rapide.

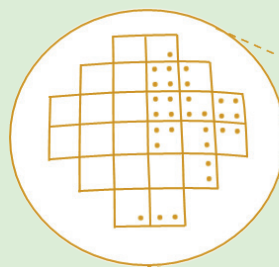


*La photographie hémisphérique : un cliché en demi-sphère du couvert forestier.  
Source : Ligot et Mackels, 2011*

### ■ Densiomètre : un outil de terrain pratique pour obtenir des ordres de grandeur

Composé d'un miroir convexe gravé d'une grille (cf. ci-contre), le densiomètre est un outil qui permet une mesure rapide de l'ouverture du couvert sur le terrain.

Le couvert se reflétant sur le miroir tenu à l'horizontale, l'opérateur compte le nombre de points où le ciel est visible (quatre points à évaluer par carré de la grille, soit 96 points au total). Le rapport entre ce nombre de points « d'ouverture » et le nombre total de points possibles donne le taux de couvert. Pour prendre en compte l'ensemble du couvert autour d'un point, cette mesure doit être effectuée aux quatre points cardinaux puis moyennée.



*L'ouverture du couvert reflété sur ce densiomètre est d'environ 30/96 points = 31 % d'ouverture.  
L'utilisation du densiomètre nécessite un certain entraînement pour que l'opérateur soit calibré.*

*Voir l'annexe « Utilisation du densiomètre convexe »*



## ■ Horizontoscope ou boussole solaire : estimer la durée d'ensoleillement sur le terrain

L'horizontoscope permet d'évaluer la durée d'ensoleillement direct entre mai et juin à l'endroit exact du point de mesure. Il se compose d'une demi-sphère transparente, au fond de laquelle est fixé un abaque correspondant à la latitude de la parcelle étudiée. Sur cet abaque figure la course apparente du soleil (position heure par heure) à chaque mois de l'année.

L'opérateur oriente cette demi-sphère vers le Sud et observe l'ombre portée des houppiers sur celle-ci. Les heures non masquées par l'ombre des houppiers sont celles où de la lumière directe est reçue au point de mesure. Il reste alors à effectuer la somme de ces heures d'ensoleillement direct (cf. ci-contre).

Lorsque les houppiers sont bien distincts et que l'on peut identifier individuellement leur ombre sur le cadran, il est possible d'estimer la durée d'ensoleillement supplémentaire qu'apporterait la coupe d'un arbre. Pour cela, il faut repérer l'intervalle horaire couvert par l'ombre de cet arbre.



*Le ciel se reflète entre 10h30 et 17h sur la courbe de juin : ici, l'ensoleillement direct au mois de juin dure donc 6h30. - Xavier Gauquelin © ONF, d'après le Guide des sylvicultures de montagne, Alpes du Nord.*

## ■ Observation de la dynamique végétale : une méthode empirique demandant de l'expérience

Les indicateurs les plus fiables pour diagnostiquer la disponibilité en lumière au sol sont ceux fournis par l'observation attentive et avertie de la dynamique végétale, en particulier celle de la régénération et des strates herbacée et arbustive. Elle traduit directement l'éclairement relatif réel, et prend donc déjà en compte tous les paramètres pouvant influencer la disponibilité en lumière directe et diffuse : situation de la parcelle, pente et exposition, course du soleil durant la saison de végétation, hauteur et structure du peuplement, etc.

Cependant, l'interprétation de la dynamique végétale demande une forte expérience. En intégrant les autres types de compétition, l'œil expert saura associer un niveau de lumière à la présence ou à l'absence de certaines espèces ou essences.

*La Myrtille est une espèce de mi-ombre, voire héliophile en altitude : son absence sur une station favorable indique un éclairement relatif trop faible pour le Châtaignier par exemple.*

*Le genêt à balai traduit un éclairement fort : les Pins ou le Mélèze pourraient disposer de conditions lumineuses suffisantes.*



*Sylvain Gaudin © CNPF*



*© François Moyses*

La vitesse de croissance et l'architecture de la régénération traduisent également l'éclairement relatif vécu jusqu'au moment de l'observation. Les informations les plus intéressantes pour la gestion sont celles datant des dernières années (depuis la dernière éclaircie par exemple).

*Dynamique de régénération sous une Hêtraie-Sapinière-Pessière : les accroissements de l'année traduisent un environnement lumineux légèrement plus favorable au développement de la régénération de Sapin que d'Épicéa.*

**Au-delà de la quantification de la disponibilité en lumière à un instant t, quel que soit l'outil utilisé, il est nécessaire d'être vigilant à l'évolution des conditions lumineuses dans un futur proche.**

**Comme tous les paramètres principaux de la sylviculture, la gestion de la lumière doit s'inscrire dans une vision dynamique.**



## Dynamique végétale

La dynamique végétale en cours doit être prise en compte dans le choix des sites de plantation, les travaux préparatoires et post-chantier ainsi que le type d'enrichissement et les protections mises en place :

- Par sa distribution spatiale, elle traduit la disponibilité en lumière et peut **servir d'indicateur pour le choix de sites de plantation ou d'essences à implanter** (cf. fiche « Lumière en forêt, importance et mesures » p.20),

- Selon les cas, elle peut être **considérée comme accompagnatrice ou concurrente** vis-à-vis des plants. La fréquence de suivi et les besoins en travaux préparatoires (préparation du sol ou travaux dans la végétation concurrente) ou post-chantier (dégagements, etc.) sont d'autant plus élevés que la concurrence exercée sur les plants est forte. À l'inverse, la végétation accompagnatrice joue, dans une certaine mesure, un rôle de gainage et de protection physique des plants contre les dégâts de gibier en plus d'une participation au microclimat local.

Une végétation peu développée interroge quant à elle sur un potentiel blocage de la dynamique. Il peut être simplement lié à l'éclaircissement relatif, jusque-là trop faible : ce verrou est levé par une mise en lumière progressive. Si la végétation n'a pas réagi malgré un éclaircissement relatif estimé suffisant au cours des dernières années, il est possible que ce blocage soit dû aux conditions stationnelles, à une banque de graines insuffisante ou à un fort déséquilibre forêt-gibier. **En cas de blocage de la végétation, il est primordial d'identifier les causes possibles de celui-ci et les moyens disponibles pour le lever avant d'envisager la mise en œuvre d'enrichissements.**

Le choix des sites d'enrichissement et des modalités de mise en œuvre doivent ainsi tenir compte des avantages et des inconvénients liés à la dynamique végétale en cours pour tenter de s'y intégrer au mieux. Il faut cependant garder à l'esprit que la situation observée peut évoluer rapidement. Par exemple, une ouverture brutale du couvert (éclaircie, trouée volontaire, aléa) peut dans certains contextes conduire à l'explosion d'une végétation concurrente et remettre en cause les modalités d'enrichissement imaginées auparavant.



*Sous couvert léger de Pin sylvestre (15 m<sup>2</sup>/ha de Bois moyens), le blocage par la strate herbacée très dense composée de Myrtille et d'Airelle a été contourné par l'ouverture de potets en travaux préparatoires mécanisés.*

## Maturité du peuplement

Le choix des sites d'enrichissement passe également par l'analyse des besoins en régénération des peuplements. En dehors des cas de figure où les peuplements sont sujets à un problème sanitaire, les enrichissements sont plus pertinents dans les peuplements où les Bois moyens voire les Gros bois sont majoritaires, et où les perches et les Petits bois d'avenir manquent. D'une part, **il est plus aisé d'y**



*Petit plateau installé sous couvert de Pin maritime à dominante de Bois moyens participant à la régénération en diversifiant les essences.*



retrouver des conditions lumineuses favorables au développement des plants, les arbres de diamètre élevé ayant un coefficient de couvert plus faible que les jeunes tiges pour une même surface terrière (cf. fiche « Lumière en forêt, importance et mesures » p.20). D'autre part, c'est à ce stade que les enrichissements trouvent leur pertinence en contribuant quantitativement et qualitativement au renouvellement du peuplement.

## Repérage visuel et spatial

Au moment de la sélection des sites de plantation, **le marquage des zones choisies est indispensable**. Il permet de les repérer visuellement sur le terrain (marquage à la peinture ou banderoles de chantier sur les arbres adultes en périphérie du futur placeau, piquet en châtaignier installé au centre, etc.) et de les localiser sur une carte (relevés GPS). **Le marquage sur le terrain doit être visible à distance et tenir plusieurs années**. Les sites repérés seront ainsi retrouvés aisément par le gestionnaire lors de la préparation du chantier, puis par les intervenants pour les différentes phases de travaux et les coupes futures. Le repérage visuel doit être entretenu en vue du suivi post-chantier, les protections fournissant par ailleurs un bon repère visuel en elles-mêmes.



*Les nids plantés sans protection, avant le développement de la ronce, ne sont pas repérables à distance : certains risquent d'être oubliés lors du suivi post-chantier ou endommagés lors des coupes.*

## Hierarchisation des sites

Lors du repérage des sites potentiels, il est nécessaire de collecter des informations pour chaque site identifié : surface terrière, structure et composition du peuplement, état sanitaire, ouverture du couvert, dynamique végétale, etc. Une fois l'ensemble du peuplement à enrichir parcouru, une hiérarchisation des sites pourra être réalisée en s'appuyant sur ces données.

Selon les moyens disponibles, cette hiérarchisation permet de cibler les sites prioritaires ou les plus favorables pour l'enrichissement. Dans l'éventualité de campagnes successives de plantation espacées de quelques années, les informations collectées pourront également servir de base pour le choix des sites suivants, tout en ayant conscience que ces sites auront connu des fluctuations (état sanitaire, ouverture du couvert et dynamique végétale notamment).

D'autre part, dans la grille d'analyse, les enjeux environnementaux doivent également être considérés. Les habitats les plus sensibles et patrimoniaux doivent être préservés des perturbations liées aux travaux ou à l'introduction d'essences allochtones.



## 3.2 Choix des essences

L'importance du choix d'essences adaptées à la station et aux évolutions climatiques est commune à toutes les techniques de plantations, et les enrichissements ne font pas figure d'exception.

L'une des particularités des plantations d'enrichissement en ambiance forestière est la prise en compte des conditions lumineuses dans le choix des essences. Celles-ci représentent une contrainte supplémentaire, et limitent le recours aux essences exigeantes en lumière dès le stade juvénile. Ainsi, le Hêtre et les Sapins peuvent aisément être inclus dans le choix des essences d'enrichissement, tandis que le Mélèze n'est envisageable que dans des situations plus rares : plantation en bouquet dans une trouée de plus de 1 000 m<sup>2</sup>, plantation sous un peuplement initial au couvert très léger localement, plantation à l'extrémité nord de trouées de quelques centaines de mètres carrés sur une pente exposée plein sud, etc. Deux logiques peuvent être adoptées pour s'assurer de l'adéquation entre les essences plantées et les conditions lumineuses :



**Essences ⇒ Sites de plantation.** Le choix des essences est réalisé au préalable selon la station et les évolutions climatiques probables. Les sites correspondant aux exigences autécologiques de ces essences (dont la disponibilité en lumière) sont ensuite recherchés, voire créés par des éclaircies ou par l'ouverture volontaire de trouées artificielles.

*Enrichissement par bouquet de Mélèze et Érable sycomore dans une trouée volontaire d'environ 2 000 m<sup>2</sup> au sein d'une pessière. L'ouverture ainsi créée permet un éclaircissement répondant aux besoins du Mélèze (4 à 6 h/jour de lumière directe).*

**Sites de plantation ⇒ Essences.** Le choix des sites est déjà effectué et les conditions lumineuses y ont été évaluées. Les essences retenues pour l'enrichissement sont choisies selon leur adaptation à la station et leurs besoins en lumière.

*Enrichissement par petits placeaux de Hêtre dans une trouée dégagée du Noisetier et du Houx ayant précédemment envahi la parcelle (plants indiqués par un trait vert fluo sur la photo ci-contre). La faible disponibilité en lumière permet uniquement d'enrichir avec des essences dryades. Sapin pectiné et Hêtre ont été envisagés dans cette situation.*



Les essences choisies peuvent également faire écho au type d'enrichissement réalisé. C'est particulièrement le cas pour les plantations en nids, plus pertinentes lorsqu'elles sont réalisées avec des essences dont la performance de la dominance apicale est favorisée par la compression. Ainsi parmi les feuillus, cette situation de compression précoce peut bénéficier aux Chênes à la dominance apicale instable. La valeur ajoutée est moindre dans le cas des Érables, beaucoup plus autonomes pour développer une architecture à la dominance apicale performante.



## Besoins des essences en lumière

Porter à connaissance de trois sources d'informations

**Source :**  
**LUMIFOR © ONF**

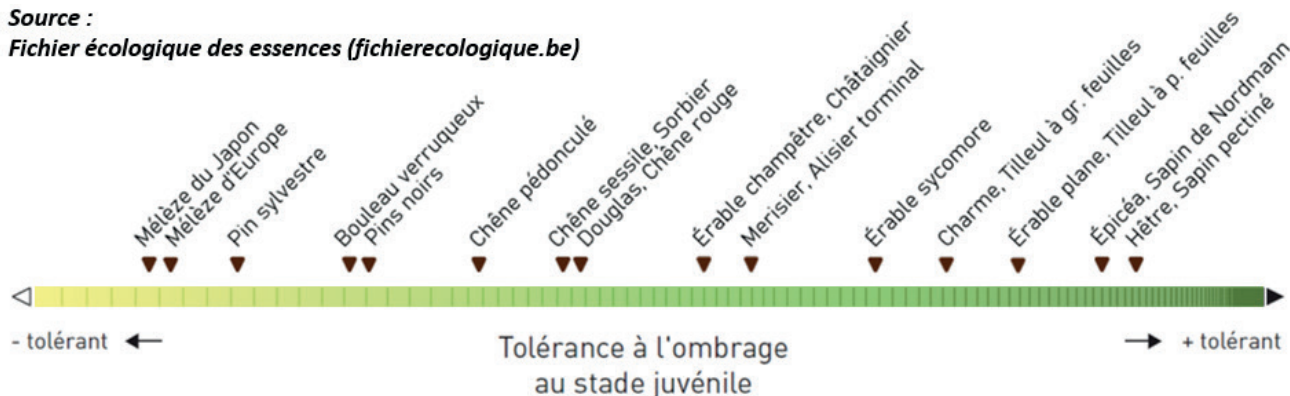
	Mélèze d'Europe	Épicéa, Pins, Chêne pubescent	Hêtre, Sapin pectiné
<b>Besoins en lumière directe en juin</b>	4 à 6 h/jour	2 à 4 h/jour	0 à 2 h/jour
<b>Taille de trouée minimale* (H = 25 m)</b>	750 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	170 m <sup>2</sup>
<b>Taille de trouée minimale* (H = 40 m)</b>	environ 1910 m <sup>2</sup>	environ 450 m <sup>2</sup>	environ 330 m <sup>2</sup>

**Source :**  
**Ammann et al., 2024**

	Mélèze, Chêne pubescent et rouge, Alisier blanc	Pins, Chêne sessile et pédonculé, Bouleau, Sorbier	Douglas, Cèdre, Châtaignier, Frêne, Alisier torminal	Épicéa, Charme, Érables, Orme	Hêtre, Tilleul, Sapin pectiné
<b>Besoins en lumière</b>	Essences de lumière extrême	Essences de lumière	Essences de mi-lumière	Essences tolérant la mi-ombre	Essences tolérant l'ombre
<b>Taille de trouée minimale* (H = 30 à 40 m)</b>	entre 1600 et 2500 m <sup>2</sup>	entre 900 et 1600 m <sup>2</sup>	entre 400 et 900 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>	< 100 m <sup>2</sup>

\* Trouée carrée, à plat, peuplement opaque de hauteur H, besoins en lumière assurés sur 50 m<sup>2</sup>

**Source :**  
**Fichier écologique des essences (fichierecologique.be)**



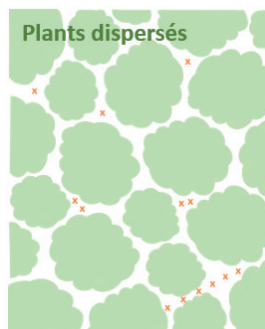
Source : Fichier écologique

## 3.3 Schéma de plantation

### Type d'enrichissement

Le type d'enrichissement est choisi selon les caractéristiques du peuplement initial, les objectifs et leur déclinaison à l'échelle d'un site d'enrichissement, selon les moyens disponibles et l'équilibre sylvo-cynégétique. Six types d'enrichissements peuvent être distingués (cf. Définitions p.7).

#### La plantation par plants dispersés



(isolés, en duo ou en ligne), sous couvert ou au sein de petites trouées est un type d'enrichissement essentiellement rencontré en petite forêt privée, en présence de propriétaires très actifs sur leurs parcelles. Ils réalisent généralement ces enrichissements de leur propre initiative et par leurs propres moyens, sans

recourir à des intervenants extérieurs. Les plants peuvent être aussi bien issus de pépinière que des sauvageons ou des plants produits par le propriétaire à partir de graines récoltées.



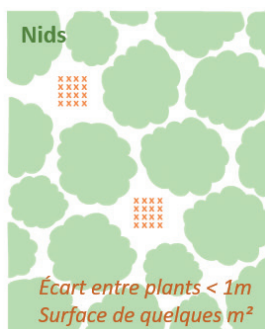
Ligne de trois Douglas non protégés plantés par le propriétaire.

- **Chantiers de petite ampleur réalisés avec des moyens financiers modestes mais une forte implication du propriétaire. L'une des faiblesses du système réside dans la difficulté à retrouver tous les plants du fait de leur éparpillement sur la parcelle.**

#### La plantation par nids

de quelques mètres carrés, sous couvert ou dans des trouées, à très forte densité de plants, est utilisée dans l'objectif à terme d'obtenir une seule tige par nid. La forte densité qui caractérise ce type d'enrichissement (moins d'un mètre entre chaque plant) s'explique souvent par une volonté de mimer le fonctionnement d'un cône de régénération naturelle, avec une entrée en

compétition rapide entre plants. Cette surdensité est parfois également envisagée comme une forme de protection contre le gibier, les plants de bordure étant supposés protéger physiquement ceux situés au centre du nid.



Écart entre plants < 1m  
Surface de quelques m<sup>2</sup>

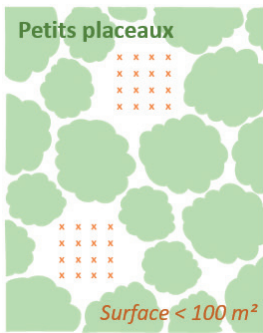


Nid de 20 plants d'Érable sycomore espacés d'une trentaine de centimètres, entouré de ronces.

- **Volonté de se rapprocher du fonctionnement d'un cône de régénération naturelle, avec un fonctionnement le plus autonome possible (compression efficace et précoce, qualification rapide).**



## La plantation par petits placeaux



de quelques dizaines de mètres carrés est également utilisée dans l'objectif d'obtenir une seule tige par placeau, en limitant le nombre de plants (généralement entre 5 et 16 plants). Ils interagissent entre eux plus tardivement que dans une plantation par nids, étant généralement espacés d'environ 2 mètres

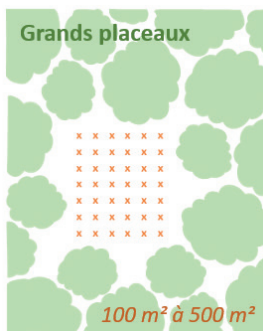
les uns des autres. Cette modalité laisse une place à l'expression de la dynamique naturelle entre les plants. Les petits placeaux sont généralement installés dans des ouvertures existantes (trouée d'exploitation ou dépérissement) ou sous couvert, avec une densité très variable pouvant aller de 3 à 50 placeaux/ha.

→ **Modalité adaptée à un enrichissement diffus du peuplement ou à des campagnes d'enrichissement successives. En s'inscrivant dans une vision dynamique, elle permet en particulier de valoriser les trouées créées à chaque éclaircie ou subies lors d'aléas. C'est l'une des techniques les plus employées.**



*Petit placeau de 5 plants d'Érable sycomore, au Nord d'une trouée dans un peuplement de Sapin pectiné.*

## La plantation par grands placeaux



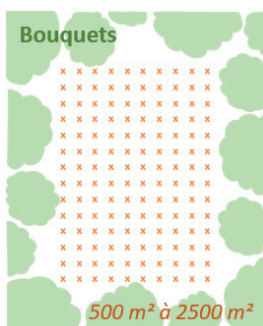
de 100 à 500 m<sup>2</sup> est souvent choisie dans l'objectif d'obtenir plusieurs tiges (jusqu'à une petite dizaine, selon l'essence) de qualité, participant à la production du peuplement.

→ **Seuil de surface minimal où l'obtention de plusieurs arbres adultes par placeau est visée.**



*Exemple de grand placeau de Sapins en Hêtraie-Sapinière.*

## La plantation par bouquets



entre 500 et 2 500 m<sup>2</sup> s'inscrit dans une démarche volontaire de renouvellement d'un peuplement dont l'état sanitaire se dégrade et où un important dépérissement est attendu à court ou moyen terme. Afin de conserver les bénéfices de l'ambiance forestière dans le cadre d'une sylviculture à couvert continu, il est recommandé

de ne pas dépasser une ouverture de 2 500 m<sup>2</sup>. La forme et l'orientation influent également sur le niveau d'ambiance forestière. Une à plusieurs dizaines d'arbres adultes sont attendus (selon la surface et l'essence) dans un objectif de production.



*Bouquet d'environ 1000 m<sup>2</sup> dans une pessière, composé d'un mélange de plants de Douglas et d'Érable sycomore.*

→ **Technique souvent choisie en raison d'une volonté forte de régénérer rapidement le peuplement avec une essence différente du peuplement adulte, ayant un objectif principal de production.**



**La plantation en plein sous couvert** est une technique généralement utilisée sous un peuplement initial composé d'essences au faible pouvoir ombrageant : principalement sous Pins, mais le Mélèze ou le Bouleau s'y prêtent bien également. Les essences plantées sous couvert doivent tolérer au moins partiellement l'ombre. Selon l'éclairage au sol,



des post-pionnières ou des dryades pourront être introduites, tandis que les pionnières sont à éviter. La densité des enrichissements en plein sous couvert n'est pas équivalente à celle des plantations en plein. À titre d'exemple, elle peut avoisiner par exemple 250 à 300 plants/ha dans certains projets.

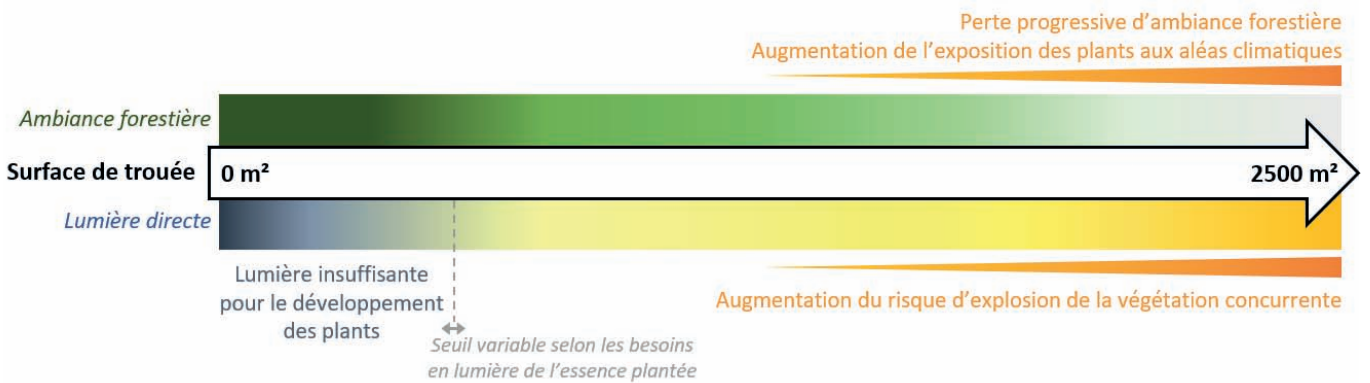


Enrichissement en plein sous couvert d'un peuplement de Pin noir d'Autriche de surface terrière inférieure à 20 m<sup>2</sup>/ha.

Coralie De Roö © CNPF

→ **Modalité d'enrichissement nécessitant une attention particulière lors des phases d'exploitation futures** en raison du positionnement des plants au pied des arbres adultes.

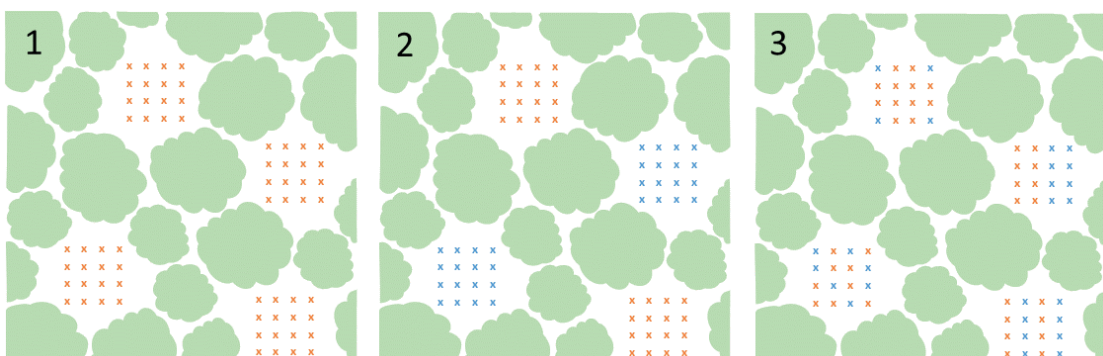
### Incidence de la surface de trouée sur l'ambiance forestière et l'éclairage



## Proportion du mélange et disposition

Les enrichissements peuvent être réalisés sous différentes modalités de mélange :

1. **Une seule essence sur l'ensemble du chantier** (pas de mélange, enrichissement monospécifique). Selon les cas de figure et l'ampleur des projets, recourir à une seule essence constitue un facteur de risque accru.
2. **Plusieurs essences dans le chantier réparties par collectifs monospécifiques** (mélange assuré par la juxtaposition de nids/placeaux/bouquets purs).
3. **Plusieurs essences mélangées au sein des collectifs ou d'une plantation en plein sous couvert** (enrichissement par nids/placeaux/bouquets mélangés, enrichissement mélangé pied à pied en plein sous couvert). Plusieurs schémas de mélange (coins, par blocs, pied à pied, par ligne) sont représentés ci-dessous.



Différentes modalités de mélange dans le cas d'un enrichissement par petits placeaux



La proportion de chaque essence en mélange et leur disposition dépendent de l'objectif qui leur est assigné.

**Les essences plantées dans un objectif culturel\*, de diversification, d'accueil de biodiversité et de fonctionnalité de l'écosystème** sont généralement introduites en proportions variables (généralement de 15 à 30 % et parfois davantage). Elles sont fréquemment implantées en mélange pied à pied ou par bandes afin de maximiser les interactions interspécifiques (ex : Hêtre assurant le gainage de Douglas).

**Lorsque l'objectif principal de toutes les essences introduites est la production,** le mélange pied à pied est plus rarement utilisé, et le mélange par collectifs purs est privilégié pour faciliter l'organisation du chantier et la gestion future du peuplement. Dans les collectifs de grande surface (grands placeaux, bouquets), ces essences de production peuvent être plantées par blocs purs accolés. Par exemple, le sud d'un bouquet, moins éclairé, peut être composé de Sapin de Bornmüller pur, tandis que le nord du bouquet est composé de Douglas, essence plus héliophile. Le forestier ajuste l'emplacement des essences en fonction de leur autécologie pour valoriser au mieux la variabilité des conditions au sein de l'espace à planter.



Loïc Molines © CNPF



## 3.4 Travaux préparatoires à la plantation

### Des travaux à adapter au cas par cas

Lorsqu'un projet d'enrichissement est envisagé, il est important de déterminer quels types de travaux préparatoires sont nécessaires et dans quels buts. Cela passe par une bonne connaissance du milieu et une observation fine de la dynamique naturelle à l'œuvre. Les travaux doivent être raisonnés en fonction de la nature et de la quantité de la végétation d'accompagnement, de l'état du sol, ainsi que de la faisabilité technique et des coûts associés. **Ainsi, la « batterie » de travaux préparatoires (rangement des rémanents, réduction de la végétation présente, ouverture mécanisée de potets) souvent déployée dans des systèmes de plantation en plein n'est pas toujours nécessaire dans le cas des enrichissements.** Le choix du matériel utilisé peut également varier et doit être adapté aux spécificités d'une telle technique.

### Dans quels buts ?

Les travaux préparatoires ont potentiellement trois objectifs distincts :

- **Nettoyer la zone de travail**

Dans le cas d'enrichissements en gros placeaux ou en bouquets, la quantité de rémanents résiduels peut être importante (branchages ou morceaux de houppiers cassés et morts). Le rangement des rémanents en périphérie des zones plantées facilitera l'accès et les déplacements des entreprises de travaux forestiers. La quantité des rémanents est souvent réduite dans les cas des enrichissements par petits placeaux. Les rémanents sont alors laissés sur place et sont même parfois utilisés pour protéger des plants contre les dégâts de cervidés.

- **Contrôler la végétation présente pour limiter sa concurrence vis-à-vis des plants**

Des actions peuvent être conduites pour maîtriser la végétation concurrente et améliorer la reprise des plants. En fonction des cas de figure, la végétation peut entraîner des blocages physiques comme le genêt à balai ou la ronce. La végétation à fort pouvoir dynamogénétique\*, c'est-à-dire ayant un caractère potentiellement envahissant comme le noisetier, le cytise ou le sureau peut quant à elle exercer une forte concurrence vis-à-vis des plants pour les ressources en eau et en lumière. D'autres espèces comme la fougère aigle ou la callune sécrètent des substances allélopathiques\* néfastes à la reprise des plants.

Dans ces trois cas de figure, lorsque la quantité de cette végétation est jugée trop importante, il est nécessaire d'intervenir en action préventive. Cela passe par des actions de coupe, de broyage ou d'arrachage de la végétation. Toutefois, en raison des intérêts multiples de la végétation accompagnatrice, l'intensité des interventions doit être raisonnée. L'équilibre entre les actions favorables aux plants et celles bénéfiques au fonctionnement de l'écosystème doit être recherché.

- **Ameublir le sol pour faciliter la plantation et améliorer la reprise**

Enfin, en fonction des sols et de leur histoire récente, il arrive que des zones à planter aient été tassées ou compactées. Une préparation du sol est alors possible voire nécessaire pour permettre un meilleur développement racinaire dans le jeune âge en décompactant localement les horizons par ameublissement mécanique. Elle peut également lever certains blocages physiques par le déplacement d'éléments grossiers de taille moyenne (pierres et blocs rocheux). Ce travail spécifique améliore significativement la reprise des plants et le développement racinaire. Cela se vérifie plus particulièrement lorsque la météo suivant l'année de plantation est plutôt défavorable (précipitations limitées, sécheresses) Dumas et al., 2021.

*Ici, la fougère aigle constitue un blocage à lever pour tout projet de plantation*





## Dans quels cas privilégier un travail mécanique ou manuel ?

En l'absence ou en présence modérée d'éléments bloquants (fréquent au sein des peuplements gérés en traitement irrégulier), un travail du sol manuel sous la forme d'un potet d'au moins 40 x 40 x 40 cm est préconisé. Cette méthode préserve le sol du tassement des engins, garantit un ameublissement favorable au développement racinaire des plants et donc leur reprise tout en réduisant le coût global de plantations.

En cas de travail manuel, le maintien ou le dosage de la végétation d'accompagnement considérée comme « facilitante » est davantage possible. Les plantes à faible pouvoir dynamogénétique comme le framboisier ou les ligneux comme le Bouleau ou les Épicéas contribuent au maintien d'un microclimat local favorable à l'installation des plants. Cette végétation est considérée comme un atout et sera conservée dans la limite du possible lors de la plantation.

De manière générale, les travaux préparatoires mécanisables s'envisagent lorsque le blocage est très important au point de mettre en péril la réussite de la plantation et qu'il ne pourrait pas ou difficilement être résolu par des travaux manuels. Les cas de figure les plus fréquents sont :

- Présence d'une forte végétation concurrente. Cette situation est souvent rencontrée sur de bonnes stations qui ont subi une mise en lumière brutale (par exemple en raison d'un dépérissement induisant une importante trouée ou d'une coupe trop forte).
- Forte quantité de rémanents au sol.
- Sol compacté par une exploitation plus ou moins récente.
- Présence d'une plante capable de sécréter des substances allélopathiques.

Dans les récents chantiers d'enrichissement ayant eu recours à des travaux du sol mécanisé, l'engin le plus utilisé est une mini-pelle de 2.5 à 6 tonnes, équipée d'un godet ou d'un sous-soleur multifonction communément appelé Dent Becker.

La mini-pelle dispose d'une bonne capacité à se déplacer entre les arbres sans abimer les bois sur pied. Son faible poids permet également de limiter le tassement du sol. Il est tout de même recommandé de rester sur les cloisonnements d'exploitation et d'intervenir lorsque le sol est ressuyé (sec).



Mini-pelle 5 tonnes avec Dent Becker pour la confection de potet mécanique.

La Dent Becker présente plusieurs avantages : pouvoir ranger les rémanents à l'extérieur du plateau, scarifier grâce au peigne désherbeur et réaliser un potet travaillé sans mélanger les horizons du sol. Un seul outil permet, si nécessaire, de réaliser différentes opérations lors d'une même intervention.

D'autres outils peuvent être employés suivant la nature du blocage (broyeur, scarificateur...) à adapter au cas par cas (Wehrlen Léon, 2012).

## Réflexion en termes d'échelles :

La notion d'échelle du projet est à prendre en compte dans le choix du type de travaux préparatoires. Pour de projets de faible surface (de l'ordre de quelques hectares) et/ou d'un nombre raisonnable de plants, les travaux sont souvent réalisés de façon manuelle. Dans le cas de chantiers d'ampleur ou à réaliser dans des délais contraints, la mécanisation des travaux préparatoires sera sans doute obligatoire pour assurer la faisabilité du chantier. Les frais fixes liés au déplacement des engins sont plus facilement amortis dans des projets conséquents.

Sans contraintes particulières (financement avec contraintes d'enveloppe et de délais de réalisation, etc.) il peut tout à fait être envisageable de programmer des travaux préparatoires manuels en raisonnant le projet d'enrichissement sur plusieurs années ou plusieurs campagnes, réduisant de fait la masse de travail à accomplir en une opération. Dans cette hypothèse, le dimensionnement du projet est à définir conjointement avec l'entrepreneur de travaux forestiers.

## Critères à prendre en compte pour le choix du type de travaux préparatoires

	Privilégier les travaux manuels	Privilégier les travaux mécanisés
<b>Sols</b>	Sableux, équilibrés	Tassés par une exploitation, argileux et compactés, forte charge en éléments grossiers (blocs rocheux)
<b>Quantité de rémanents</b>	Faible (résidus de coupe de quelques arbres)	Important (prélèvement d'un rond de scolyte ou chablis significatif)
<b>Modalité d'enrichissement</b> (à relier avec l'ampleur du chantier)	Nids, petits placeaux	Gros placeaux, bouquets
<b>Ampleur du chantier</b>	Faible nombre de plants, peu d'hectares concernés, projet étalé sur plusieurs campagnes	Nombre de plants conséquent (plusieurs milliers), surface importante à réaliser en une opération
<b>Végétation d'accompagnement</b>	Limitée, ponctuelle, à effet positif potentiel	Abondante, génération de blocages (physiques, allélopathie) immédiats ou à venir

### 3.5 Protections contre les cervidés

Les enrichissements créent au sein des peuplements des zones à forte appétence pour trois raisons principales :

- Les plants peuvent correspondre à des essences plus appétentes que la régénération naturelle déjà présente ou constituer une ressource alimentaire sur une parcelle où les strates basses, y compris la régénération, sont rares ou absentes.
- Les plants installés issus de pépinière sont riches en éléments minéraux attractifs pour les cervidés.
- Les plants sont disséminés au sein des peuplements, avec des effectifs restreints. Des dégâts subis par quelques plants auront un impact significatif sur l'enrichissement.

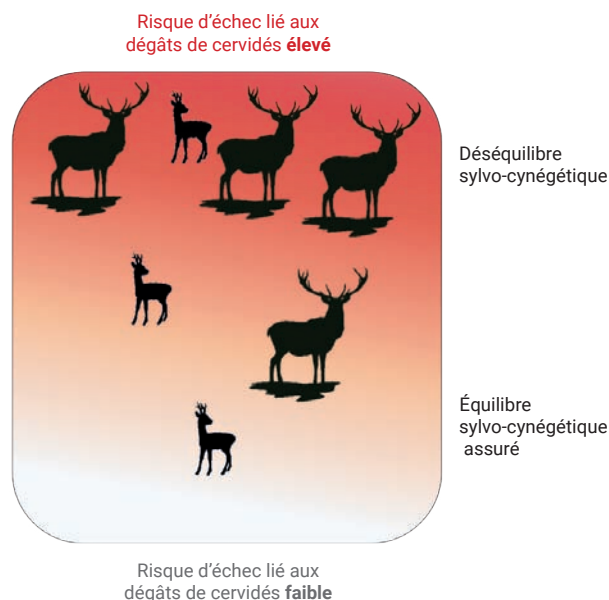
Ainsi, en dehors de contextes rares où l'équilibre sylvo-cynégétique est très favorable (effectifs maîtrisés de chevreuils et de cerfs) ou en l'absence de végétation d'accompagnement en quantité significative, il est impératif de protéger les plantations d'enrichissement. Dans les situations de déséquilibre, des échanges doivent être engagés avec les chasseurs, notamment à travers la méthode Brossier-Pallu. Dans tous les cas, le dialogue entre forestiers et chasseurs est nécessaire pour faire connaître les projets et les besoins en termes de régulation des populations.

**Sans protection, les initiatives d'enrichissement sont presque toujours vouées à l'échec.**

Les retours d'expérience montrent de manière très claire que le niveau de réussite des enrichissements chute avec l'accentuation du déséquilibre sylvo-cynégétique. Il est recommandé de ne pas réaliser les investissements tant que l'équilibre forêt-gibier n'est pas au moins partiellement rétabli.

Les protections qui peuvent être employées sont de deux types :

- Les **protections individuelles** (identiques à celles utilisées au sein de plantations en plein) ;
- Les **protections collectives**.





Les **protections individuelles** (litemaux pouvant être accompagnés d'une gaine plastique ou métallique, répulsif de type TRICO, tubex, pinces de protection des bourgeons, etc.) ont une efficacité satisfaisante en situation de déséquilibre modéré. Elles doivent être choisies en fonction de la sensibilité des essences. Les feuillus ou les sapins, très sensibles à l'abroustissement, doivent être protégés de manière intégrale. Le Douglas et les Pins, davantage concernés par des dégâts de frottis, peuvent être protégés a minima par deux à trois litemaux ou du répulsif.

Si le niveau de pression animale devient trop important, l'efficacité des différents dispositifs de protection s'effondre.

Les protections individuelles physiques présentent l'avantage de faciliter le repérage des plants lors des phases d'entretien.



*Protection individuelle composée d'un litemau et d'une gaine en grillage galvanisé – Utiliser un grillage à maille plus fine et augmenter le diamètre de la protection augmente l'efficacité*

Les **protections collectives** correspondent à de petits enclos soutenus par des supports qui peuvent être des arbres, des piquets ou des fers à béton. Les enclos sont réalisés à partir de lattis bois ou de rouleaux à déployer en matière plastique, métallique ou fibre de coco. La durabilité, le coût et la mise en œuvre dépendent du matériau sélectionné. Le plastique est léger et facile à mettre en place mais il doit être déposé pour limiter la pollution en forêt lorsqu'il commence à se dégrader. Le métal est plus stable et peut, en théorie, être réutilisé. Les protections métalliques doivent dans tous les cas être retirées en fin d'utilisation. La fibre de coco se dégrade naturellement mais sa faible durabilité et son coût limitent actuellement son intérêt. Les lattis bois présentent les avantages d'un matériau naturel tout en ayant une durabilité plus importante que la fibre coco. En revanche, la mise en œuvre et le coût sont assez contraignants. Ce type de protection est sensible aux épisodes neigeux.



*Protection collective de type enclos favorisée pour protéger un ensemble de plants notamment lorsque le sous-étage, rare, n'entrave pas la circulation des cervidés*

Classiquement, ces enclos protègent des petits collectifs d'arbres de 9 à 15 plants. Il est envisageable de protéger de plus grands collectifs (enrichissements sous forme de grands placeaux ou bouquets).

L'efficacité de ce système repose sur le fait que, lorsqu'ils sont confrontés à un enclos de faible superficie, les cervidés cherchent à contourner l'obstacle plutôt qu'à pénétrer à l'intérieur. Il convient de conserver une bande tampon entre les zones de plantation et la protection afin d'éviter un abroustissement des plants depuis la périphérie externe de l'enclos.

Le recours à cette technique est à favoriser lorsque le sous-étage est particulièrement « propre » (absence de végétation d'accompagnement ou de rémanents).

Les protections occasionnent des surcoûts significatifs. Elles engendrent un suivi plus attentif et plus fréquent (repositionnement des protections, vigilance en cas d'épisodes de neige ou de vent) et ne garantissent malheureusement pas l'intégrité des plants.

Il est également nécessaire de prendre en compte d'un point de vue organisationnel et financier la dépose des matériels de protection, étape peu anodine lorsque la végétation concurrente s'est développée.



Parmi les pistes de réflexion, il peut être intéressant de s'appuyer sur la végétation d'accompagnement (espèces herbacées, semi-ligneuses ou plants issus de régénération naturelle). Réaliser les enrichissements au sein de ce bourrage naturel permet de limiter l'accès des cervidés et réduit les coûts en termes de protection.



Loïc Molines © CNPF

Enrichissement en Douglas au sein d'une régénération naturelle d'Épicéa commun accompagnée de Houx et de Fougère aigle.

### Caractéristiques des principaux dispositifs de protection contre les dégâts de la faune sauvage

	Type	Matériau	Dimensions	Particularités
Protections individuelles	Liteaux	Bois (Châtaignier / Robinier)	2 cm x 2 cm à 3cm x 3cm H 1,5 m	Protection contre les frottis mais pas contre les abrouissements À disposer par 2 ou par 3 autour des plants Repérage des plants facilité - Pas de dépose nécessaire
	Gaine Nortène Climatic maille mixte	Plastique (Polyéthylène)	10 cm à 30 cm H 0,9 à 1,8 m	Nécessite 1 à 2 tuteurs pour la fixation Mailles losangiques de 3 mm associées à des gros filaments de renfort tous les 2,5 cm Ne laisse pas sortir les pousses
	Gaine Nortène grande maille	Plastique (Polyéthylène)	33 cm H 1,2 m	Nécessite 2 tuteurs pour la fixation Mailles octogonales de 20 mm Compatibles avec les secteurs enneigés
	Protection métallique à maille nouée	Acier galvanisé	variable H 1,2 à 1,5 m	À confectionner à partir de rouleau de grillage ursus - Nécessite 1 tuteur pour la fixation Privilégier les mailles fines et constituer un diamètre suffisant (25-30 cm) Potentiellement réutilisable
	Tubex - modèle E	Plastique	8 à 12 cm H 1,2 à 1,8 m	Nécessite 1 tuteur pour la fixation - Aération en partie basse Convient pour les feuillus - Brevet INRAE - Réserver aux zones peu enneigées
	Pince à bourgeon	Plastique		À positionner sur le bourgeon terminal pour limiter l'abrouissement Nécessite un repositionnement régulier avec la croissance
	Répulsif (TRICO / CERTASOL)	Produits d'origine naturelle (suif mouton, farine de sang)		Répulsif olfactif et gustatif à pulvériser sur les plants, efficace surtout contre le chevreuil - Nécessite plusieurs passages annuels pendant la durée de sensibilité des plants
Protections collectives	Grillage plastique	Plastique	H 1,2 à 1,8 m Maille 5x8 ou 5x5 long : 50 à 100 m	Forme modulable - Multiples supports (tuteurs, fers à béton, arbres) nécessaires Protège contre tous types de dégâts - Ne pas planter en bordure immédiate de l'enclos
	Grillage métallique	Acier galvanisé	H 1,2 à 1,5 m long : 50 m	Forme modulable - Multiples supports (tuteurs, fers à béton, arbres) nécessaires Protège contre tous types de dégâts - Ne pas planter en bordure immédiate de l'enclos Potentiellement réutilisable
	Filet coco	Fibres végétales	H 1,5 à 2 m Maille 5x5 long : 50 m	Petits enclos de 2 à 4 m de côté - Protège contre tous types de dégâts Nécessite des supports rapprochés pour soutenir le poids de la fibre- Dégradable en quelques années
	Lattis bois	Bois	H 1,5 à 2,2 m Espacement des lattes ajustable long : ajustable	Forme rectangulaire de taille modulable - Protège contre tous types de dégâts Nécessite des supports rapprochés et renforcés pour soutenir le dispositif (neige notamment) - Biodégradable



## 3.6 Suivi des plantations

Un suivi rigoureux et fréquent est indispensable les premières années qui suivent la plantation. Sans suivi et sans travaux correctifs, les probabilités de réussite des enrichissements sont faibles d'autant plus si l'objectif initial est orienté vers la production de bois d'œuvre. Il est par conséquent important de bien prendre en compte et d'inclure, en amont du projet, le temps et les moyens financiers que le gestionnaire/propriétaire devra y consacrer dans la durée.

### Réflexions autour de 3 points clés d'attention pour assurer un suivi efficace dans le temps :

- **Repérage physique et géographique des plants**

Ce travail a pu en grande partie être réalisé lors de la phase préparatoire à la plantation (cf. 3.1 § Repérage visuel et spatial). Dans cette hypothèse, des réajustements sont peut-être à prévoir en fonction des potentiels aléas du chantier (ex : plateau non planté, peinture effacée au cours du temps)

Dans le cas de plantation en plein sous couvert ou de petits plateaux implantés de manière systématique le long des cloisonnements, le relevé GPS n'est pas recommandé (faible précision, coût inutile). En revanche, le repérage des plants l'est (ex : mise en place d'un simple tuteur peint lors de la plantation, en l'absence de protections individuelles).

Couplé à la présence de cloisonnement d'exploitation, le travail de contrôle/suivi et la réalisation des travaux en eux-mêmes sont facilités par un repérage limitant également les oublis.



*Exemple de marquage à la peinture bleue d'un piquet de protection individuelle pour faciliter le repérage du collectif.*

- **Mise à jour des documents de « mémoire »**

Renseigner les sommiers en forêt publique ou tenir à jour un document listant toutes les actions/réajustements réalisés, avec une cartographie des zones plantées, est indispensable pour garder une trace par écrit des travaux effectués, transmettre l'information aux générations futures (en cas de changement de gestionnaire ou de propriétaire) et pouvoir tirer des enseignements sur les actions menées.

- **Visites régulières de la zone enrichie**

Un des facteurs clés de réussite des enrichissements est le suivi régulier des plantations. Ces suivis permettent de contrôler l'état des plants et d'identifier les potentiels travaux nécessaires à leur bonne croissance et développement.

Il faut pour cela une visite de la zone enrichie par le gestionnaire ou le propriétaire **au minimum une fois par an**. L'idéal correspond à une visite par semestre. En zone de montagne, une visite en période hivernale permet un contrôle et des actions correctives (repositionnement de plants ou de protections en cas de chute de neige). La visite estivale permet quant à elle des ajustements similaires, une évaluation des taux de reprise ou de mortalité et une identification des travaux à conduire la saison suivante. À titre d'exemple, il est possible de comptabiliser le nombre de plants nécessaires pour une opération de regarni, afin de réserver les plants auprès d'un pépiniériste et un créneau auprès des ouvriers forestiers.

## Les types de travaux d'entretien

La notion « **du bon geste, au bon endroit, au bon moment** » appliquée lors des travaux sylvicoles au sein des cônes de régénération naturelle en futaie irrégulière doit également être appliquée dans le cas des plantations d'enrichissement.

Ce principe vise à réaliser des travaux ciblés et non systématiques, apportant l'ajustement optimal pour les plants tout en limitant le temps et le coût de l'entretien. Un diagnostic préalable lors des visites régulières sert à déterminer le type de travaux et les outils nécessaires. Cette anticipation permet également la mise en œuvre de travaux préventifs moins onéreux que les travaux correctifs, souvent plus conséquents.

Les travaux à mener correspondent aux actions suivantes :

- **Rafraichissement des peintures** pour faciliter la localisation des plants.
- **Entretien des protections contre le gibier** (ex : remise en place des protections individuelles, refixation d'un piquet, nouveau passage de répulsif, etc.). Après quelques années, en fonction de la nature de la protection et du développement du plant, cette dernière devra être enlevée, évacuée de la parcelle ou réutilisée (cas des protections métalliques).
- **Plantation en regarni**. La fréquence et l'intensité de ces regarnis dépendent du niveau de reprise et de survie, des engagements pris en cas de subvention et des objectifs assignés en nombre ou en composition. Le repérage préalable des plants à regarnir par une couleur de peinture spécifique facilite grandement l'opération.
- **Dégagements manuels ciblés** les premières années, avec une fréquence variable en fonction de la dynamique de végétation concurrente. La végétation à fort pouvoir dynamogénétique doit être maîtrisée (avec des travaux sylvicoles de type cassage, annélation, dégagement en cheminée, etc.). Elle n'est en aucun cas éliminée systématiquement. Au contraire, bien dosée, elle sert de « bourrage » pour gagner les plants dans leur jeune âge, favorise le maintien d'un microclimat local et joue un rôle de protection en limitant les dégâts de gibier.
- **Taille de formation** et plus tard **élagage de compensation\*** dès lors qu'un objectif de production est attendu. Seuls les individus les mieux conformés et bien positionnés bénéficieront de ces travaux spécifiques.



© Antoine Berlioz

*Deux exemples de travaux correctifs à conduire dans le cadre du suivi et de l'entretien des plantations d'enrichissement : remise en place des protections contre les cervidés et défouillage d'un Mélèze.*

Conduire des travaux d'entretien au sein des zones enrichies peut constituer un « prétexte » intéressant pour observer et travailler la régénération naturelle qui s'installe de manière complémentaire. Il est possible de bénéficier de la présence des équipes d'ouvriers sylviculteurs pour conduire des actions d'ajustement au sein de l'ensemble du renouvellement. Outre les travaux cités précédemment, le **dosage d'essences** peut être mis en œuvre à cette occasion. Il contribue à favoriser le mélange au sein du peuplement.

Cette démarche est recommandée car elle rejoint les principes de la SMCC en favorisant la régénération naturelle et la diversité avec des travaux optimisés à moindre coût.





Loïc Molinès © CNPF

*La gestion de la lumière, principal facteur d'attention en sylviculture mélangée à couvert continu*

### 3.7 Gestion future du peuplement

De manière générale, les éclaircies prévues initialement doivent se poursuivre au sein des espaces enrichis. Rotation et intensité de prélèvement restent dans un premier temps conformes à la sylviculture appliquée. Elles doivent permettre d'assurer la gestion et l'obtention d'un capital sur pied compatible avec une sylviculture à couvert continu.

Cependant, le besoin en lumière des plants introduits varie au cours du temps, avec une tendance à la hausse. Il est possible d'observer les déficiences en lumière nécessaire au bon développement des plants lors des visites annuelles des plantations ou en préparation de martelage. Ces lacunes s'apprécient dans la plupart des cas par l'observation de l'accroissement annuel en hauteur des plants ou de la végétation environnante. Pour les essences résineuses, cela se traduit par des accroissements apicaux équivalents ou inférieurs aux accroissements latéraux.



Sylvain Gaudin © CNPF



Arne Geneix © CNPF

*L'observation relative des accroissements apicaux et latéraux permet d'appréhender l'adéquation entre la quantité de lumière et les besoins des essences. À gauche, les besoins de ce Sapin pectiné ne sont pas pourvus. À droite, le Douglas est assez éclairé.*



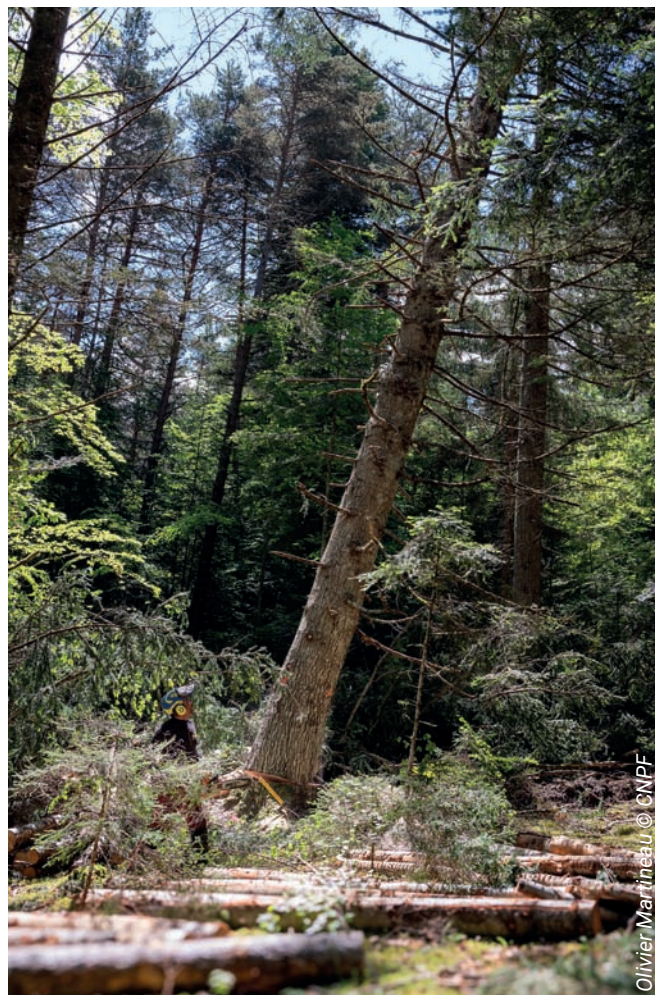
Pour corriger cela, des actions ciblées sont mises en œuvre par le forestier lors du martelage en enlevant le ou les arbres gênant l'arrivée de la lumière dans la fenêtre adéquate de la canopée. La prise en compte de la course du soleil et les angles des rayons lumineux en saison de végétation (40 à 71° selon la latitude) doit intégrer, en routine, les critères de réflexion du marteleur. Concrètement, les opérations pourront se traduire par des prélèvements localisés ou par l'élargissement des trouées initiales qui ont été enrichies. Il s'agira de trouver l'équilibre entre les besoins des jeunes plants, le maintien de la qualité et de la stabilité des arbres alentour ainsi que la dynamique de la végétation accompagnatrice.

Selon la situation de la forêt, les prélèvements pourront être orientés vers des arbres différents. Dans des situations relativement fraîches (secteur géographique de montagne humide, peuplements en versant nord), le martelage ciblera les arbres faisant obstacle à l'arrivée de la lumière la plus intense (individus situés au sud ou à l'ouest). À l'inverse, dans des secteurs plus méridionaux ou dans des versants exposés au sud, les forêts sont soumises à des conditions climatiques plus chaudes et plus sèches. Il peut alors être intéressant de cibler les prélèvements vers des arbres limitant l'arrivée de la lumière du matin (sud-est). Les arbres au sud et à l'ouest sont préférentiellement conservés pour limiter l'évapotranspiration et les stress hydriques des plants.

La phase de récolte des bois doit être soignée pour limiter les dégâts occasionnés aux plantations. Cloisonnements d'exploitation, repérages physiques des plants et dialogue permanent avec les opérateurs constituent des dispositions préventives à systématiser.

Sans mise en œuvre de coupes, le couvert se refermera et la viabilité des enrichissements sera remise en question.

La gestion de la lumière par un travail régulier au sein du couvert sans sacrifice d'exploitabilité reste la base de réflexion en sylviculture mélangée à couvert continu.



*La coupe d'arbres, le moyen privilégié pour apporter de la lumière*

Olivier Marinneau © CNPF



### 3.8 Quels coûts ?

Si l'importance de l'investissement humain dans la réussite d'un projet d'enrichissement a été soulignée, l'aspect financier doit également être considéré.

Les enrichissements engendrent des dépenses extrêmement variables en fonction des conditions de travail, des modalités retenues, de « l'intensité » de l'enrichissement ou encore des protections utilisées contre les cervidés.

#### Cas des enrichissements avec protections individuelles ou sans protection

Dans les chantiers étudiés, principalement menés en forêt privée et conduits durant la période 2020-2023, les fourchettes de prix constatées sont les suivantes :

De 6,5 à 13 €/plant

De 300 à 2 500 €/ha

**La forte variabilité des coûts à l'hectare dépend principalement de l'effort d'enrichissement.**

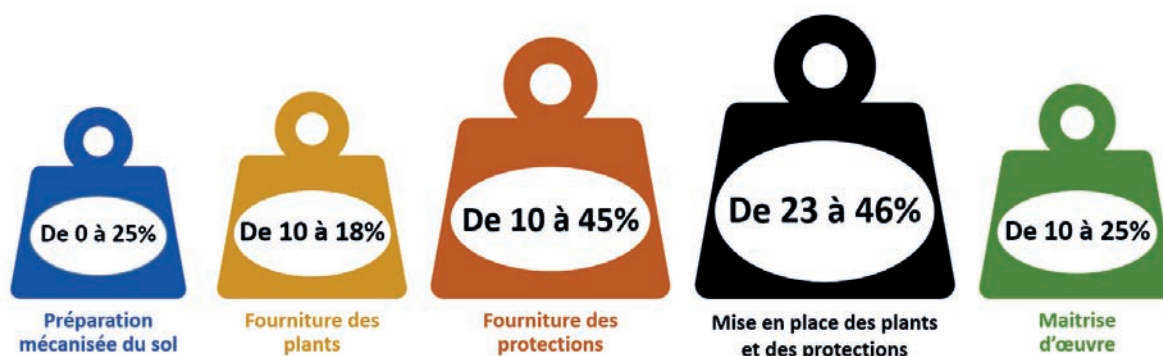
En ce qui concerne la temporalité des dépenses, des stratégies très différentes peuvent être mises en œuvre. Un effort conséquent peut être fourni en une opération permettant l'installation de 250-300 plants/ha ou au contraire la logique d'enrichissements progressifs par intégration de 25 à 50 plants/ha/opération peut être privilégiée tous les 6 à 10 ans. Pour un même effort d'enrichissement, la multiplication du nombre de campagnes de plantation entraîne une hausse du coût total.

#### • Principaux postes de dépense

La technique des enrichissements s'appuie sur les mêmes actions qu'en plantation, à savoir : éventuelle préparation mécanisée du sol, fourniture des plants, fourniture des protections, mise en place des plants et des protections, maîtrise d'œuvre (comprenant la conception, le repérage et le suivi du chantier).

Les surcoûts associés à cette technique proviennent du caractère ponctuel des travaux. Les plants sont disséminés dans l'espace boisé, ce qui entraîne des déplacements des opérateurs et le transport de proche en proche du matériel et des plants.

En fonction des modalités retenues, les poids relatifs des différents postes de dépense peuvent être très variables. Les éléments présentés correspondent aux valeurs constatées dans les chantiers étudiés durant le projet ENRICHIRR :



Le suivi des enrichissements constitue un poste de dépenses supplémentaire qui augmente le coût de l'initiative mais il est indispensable à la réussite du projet. Cette phase dure entre 5 et 10 ans pour les essences à croissance rapide, souvent davantage.

Les opérations à financer sont le temps d'observation et de visite, les dégagements, la remise en place des protections, des éventuels regarnis ou encore la taille de formation des feuillus. Si elles durent dans le temps, les actions liées à l'entretien peuvent doubler le coût initial.

## Cas des enrichissements avec protections collectives

Les enrichissements sous forme de nids ou de petits placeaux avec des protections collectives sont associés à une mise en place plus longue et un investissement matériel plus important. En revanche, le suivi est facilité par une localisation aisée et les actions correctives sont plus rares ou légères. Le niveau de protection contre les cervidés est accru.

**De 8 à 10 €/plant**

**De 80 à 106 €/enclos**  
(variable selon le nombre de plants et la taille de l'enclos)

Les principaux postes de dépense sont les fournitures pour la protection collective avec les piquets et la clôture (40 à 60 % du coût) et la mise en place (26 à 53 %).

Le coût à l'hectare dépend du nombre d'enclos installés. Il est souvent compris entre 200 et 800 €/ha.

### Pistes de réflexion pour optimiser les coûts

La mise en œuvre de la technique des enrichissements est associée à une multitude de choix à faire (modalité, type de protection, nombre de plants, choix des essences, etc.). Ces opérations peuvent être rationalisées et optimisées grâce à des retours d'expérience et une étude des rapports coûts/bénéfices des différentes options testées.

En répétant ce type d'opérations, les gestionnaires vont gagner en efficacité tant au moment de la phase de conception (ciblage des secteurs les plus opportuns) que dans l'organisation des chantiers grâce à des consignes plus adaptées et l'établissement de documents facilitant la localisation des zones à enrichir par exemple.

Au-delà de ces aspects organisationnels, trois points précis peuvent potentiellement être associés à des diminutions des coûts :

- **Travail du sol**

Le travail préparatoire mécanisé du sol correspond à un poste de dépense pouvant représenter jusqu'à 25% du coût d'un enrichissement lorsqu'il est associé à une phase de nettoyage et de rangement des rémanents. Dans certaines conditions (absence d'espèces à caractère envahissant ou bloquantes, sol non compact), il semble possible de s'en affranchir et donc de réduire ce poste de dépense. Cela évite également les tassements du sol liés aux déplacements de la pelle mécanique.

En revanche, le travail manuel reste nécessaire. Il est donc indispensable de trouver des intervenants qui acceptent de planter en préparant eux-mêmes les potets.

- **Nombre de plants**

Une autre piste d'économie est de réduire le nombre de plants installés. L'objectif des enrichissements étant souvent d'obtenir à terme une ou deux tiges par placeau, il est sans doute envisageable de réduire le nombre de plants dans les collectifs. Passer de 15 plants par nid ou petit placeau à 5 à 8 plants permet de réduire par deux ou trois la facture. Dans cette hypothèse, effectuer les regarnis devient vite impératif pour conserver un nombre suffisant d'options au cours du temps.

Il s'agit du facteur principal influençant le coût d'un enrichissement car les autres postes de dépense en dépendent (fournitures, protections, mise en place, suivi...).



*Le travail mécanisé du sol n'est pas toujours indispensable et son coût pèse dans la balance économique*



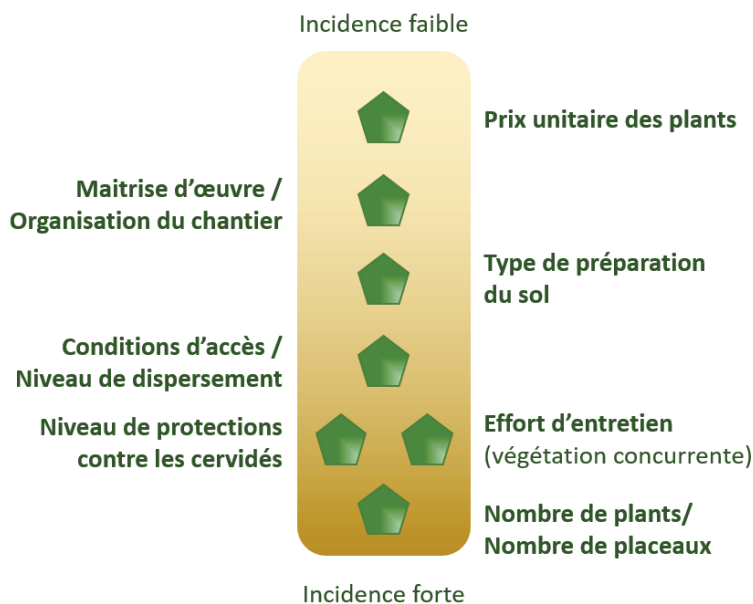
*Le nombre de plants installés influe très fortement sur le coût de l'enrichissement. Il doit être déterminé en fonction du rapport coût/bénéfice attendu*



- **Équilibre sylvo-cynégétique**

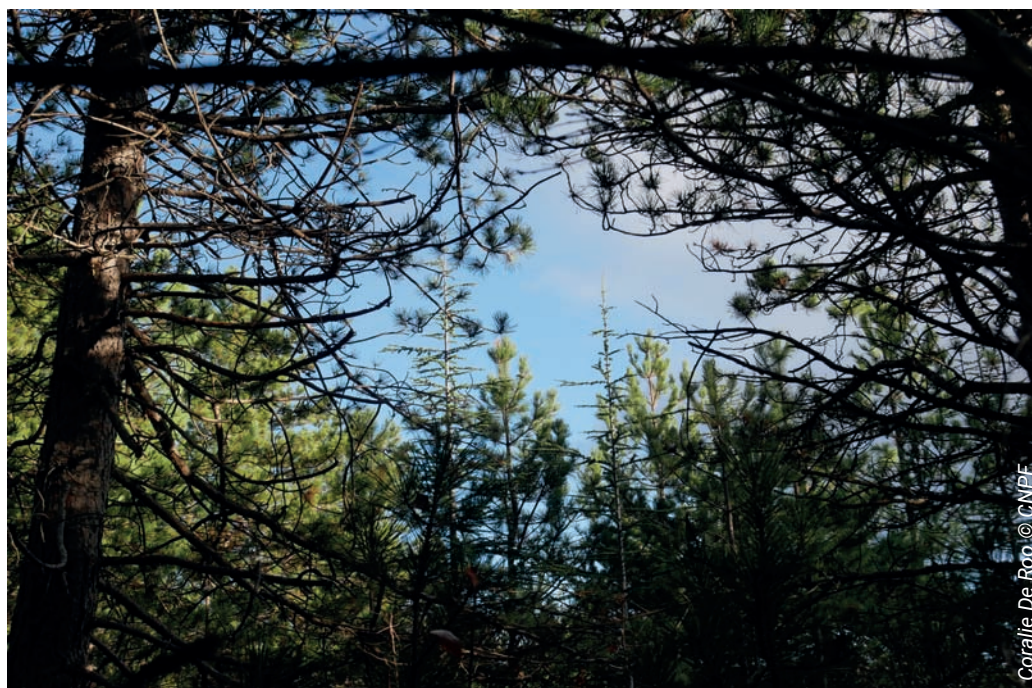
Les protections et leur mise en place impactent fortement et négativement le coût des enrichissements. Il est actuellement illusoire de s'en passer mais le rétablissement de l'équilibre sylvocynégétique permettrait de réduire la pression sur les plants et une partie des coûts liés à la protection et l'entretien (remise en place des protections, tailles de formation rectificatives, etc.) des enrichissements.

### Niveau d'incidence d'opérations ou de choix techniques dans le coût d'un enrichissement



Chaque choix est associé à des contreparties qu'il convient d'évaluer. Par exemple, réduire le niveau de protection augmente le risque de dégâts, de mortalité et accroît la nécessité de regarnir. L'économie peut être constatée à un instant t, mais pas à plus long terme. De même, réduire le nombre de plants par placeau (5 à 8 plants au lieu de 9 à 15 plants) augmente le risque d'échec du placeau en cas d'aléa subi.

Les choix techniques doivent être réfléchis en fonction du contexte précis de chaque chantier. Le rapport coût-bénéfice de chacun de ces choix doit être évalué au regard du risque d'échec toléré par le propriétaire.



## Liste des points d'attention – Lors de la conception et la réalisation d'un enrichissement

- Pertinence de l'enrichissement**
  - ➔ Cette technique répond-elle en partie ou entièrement aux objectifs ?
- Moyens humains et financiers**
  - ➔ Quelles personnes seront impliquées dans ce projet ? À quelle fréquence et pour quelles opérations ?
  - ➔ Quels sont les moyens financiers actuels et futurs (propriétaire et subventions) ?
- Compatibilité du peuplement**
  - ➔ Conditions lumineuses adaptées ? État sanitaire ne remettant pas en cause l'ambiance forestière à court terme ?
- Équilibre sylvo-cynégétique**
  - ➔ Quel est le niveau de pression localement ?
  - ➔ Si déséquilibre significatif, les dégâts peuvent-ils être atténués par la mise en place de protections ? Sinon, compromet-il le projet ?
- Choix des sites :**
  - **Accessibilité**
    - ➔ Proximité de la desserte et présence de cloisonnements ?
  - **Conditions stationnelles**
    - ➔ Les stations les plus fertiles sont-elles privilégiées ?
  - **Éclairage**
    - ➔ Conditions lumineuses suffisantes ?
  - **Dynamique végétale**
    - ➔ Est-elle favorable (végétation accompagnatrice) ?
    - ➔ Dans le cas contraire (végétation concurrente), des travaux peuvent-ils lever ces contraintes ?
  - **Collecte d'informations sur chaque site présélectionné pour une analyse post-visite**
- Hiérarchisation et sélection des sites de plantation**
  - ➔ Quels sont les sites les plus propices ou prioritaires ?
  - ➔ Quelle proportion des sites retenir ? (Ampleur du chantier correspondant aux objectifs et aux moyens disponibles)
- Repérage visuel et spatial des sites de plantation (pré)sélectionnés**
  - ➔ Visibilité à distance sur le terrain ? Durabilité dans le temps ? (au moins jusqu'à la fin du chantier) ? Les sites sont-ils localisés et cartographiables (relevés GPS ou implantation systématique sur une zone définie) ?
  - ➔ Le repérage permet-il au gestionnaire mais aussi aux entreprises de travaux forestiers de retrouver aisément les sites ?
- Type d'enrichissement** (Dispersés, par nids, par petits ou grands placeaux, par bouquets, en plein sous couvert)
  - ➔ Quel est le plus adapté aux objectifs, aux moyens humains et financiers, aux caractéristiques du peuplement ?
- Essences plantées et mélange**
  - ➔ Les essences choisies sont-elles adaptées à la station ?
  - ➔ Quel niveau de mélange (pur, mélangé inter ou intra-collectifs) ? Quelle proportion de chaque essence et quelle disposition ?
- Travaux préparatoires**
  - ➔ Y a-t-il besoin de nettoyer la zone de travail, de contrôler la végétation concurrente ou d'ameublir le sol ?
  - ➔ Si oui, un travail manuel suffit-il ou faut-il une préparation mécanisée ?
- Protections contre les cervidés**
  - ➔ Individuelles ou collectives ? Quel type de protection (litateaux, gaine plastique, maille acier,...) ?
- Qualité des intervenants**
  - ➔ Les équipes ont-elles un intérêt pour la technique, un regard sylvicole, voire une expérience de ce type de chantier ?
  - ➔ Dans le cas contraire, faut-il prévoir un plus fort accompagnement par le gestionnaire ?

▲ Dès la conception du projet, prévoir le suivi des plantations et réfléchir à la gestion future du peuplement.



## 4. Études de cas

Trois exemples de projets visités dans le cadre du projet ENRICHIRR sont présentés dans cette partie. Ils permettent d'illustrer les réflexions initiales, les méthodologies employées et les enseignements tirés dans des situations contrastées.

L'un d'eux (Groupement Forestier de Grandpré-Sauvelles) est associé à un recul de près de 30 ans. Les plants installés lors des enrichissements font aujourd'hui partie intégrante de la strate arborée du peuplement.

Après la mise en avant de ces trois études de cas, un tableau récapitulatif présente une partie de la diversité des enrichissements rencontrés lors du projet ENRICHIRR.



# Enrichissements par petits placeaux au sein du Groupement Forestier du Passet

## Un regard critique depuis plus de 15 ans pour des choix ajustés et optimisés

### Éléments de contexte

La propriété du GF du Passet couvre une surface d'environ 80 hectares dont 60 hectares boisés. Les peuplements, essentiellement composés d'Épicéa commun, ont été installés dans les années 60-70. Gérés dans un premier temps selon un traitement régulier, ils font l'objet depuis une dizaine d'années d'une sylviculture à couvert continu. Le capital sur pied (oscillant selon les parcelles entre 200 et 500 m<sup>3</sup>/ha) est travaillé tous les 5 ans avec des prélèvements, de l'ordre de 15 % du volume, orientés pour favoriser la qualité des tiges en place et récolter les bois déperissants. Le Groupement forestier familial s'appuie sur Mathias Bonneau qui gère la propriété, réalise l'exploitation et met en œuvre les travaux.

Localisation	Altitude	Précipitation annuelles	Sols	Pression des cervidés	Essences en place
Angles (81)	Entre 750 et 800 m	Environ 1 500 mm	Sablo limoneux sur gneiss moyennement profonds à profonds	Modérée (présence de chevreuils)	Épicéa commun majoritaire

### Point de départ et objectifs assignés aux enrichissements

- ➔ **Depuis 2006**, des dépérissements sur Épicéa commun sont observés avec des attaques localisées de scolytes. Les arbres atteints sont récoltés pour limiter les pertes économiques sans pour autant couper l'ensemble du peuplement. Depuis cette date, les attaques se sont poursuivies et ont entraîné par endroits des effondrements partiels.
- ➔ **Depuis 2008**, des enrichissements ont été mis en œuvre dans les trouées avec un double objectif : « **Pallier l'absence de régénération ou sa lenteur à s'installer** » et « **Diversifier les essences du peuplement futur** ». Ces objectifs s'inscrivent dans une logique de rentabilité économique pour la récolte et la valorisation des produits actuels et futurs.
- ➔ **Chaque année**, des campagnes d'enrichissement sont réalisées au sein de la forêt dans une logique dynamique. Ce sont au total plus de 230 collectifs qui ont été installés sur près de la moitié de la surface de la forêt.


### Modalités d'enrichissements

Les enrichissements sont réalisés dans des trouées subies et issues de la récolte de bois scolytés. Aucune zone n'est coupée volontairement pour réaliser un enrichissement. Elles peuvent être agrandies en fonction des besoins en lumière des essences implantées.

### Les techniques employées ont évolué en fonction des retours d'expérience acquis progressivement.

Si les premiers placeaux ont été réalisés selon une « trame large » correspondant à un espacement de 3 à 6 mètres entre chaque plant, Mathias Bonneau a depuis privilégié d'autres modalités associées à une meilleure réussite (apparition d'un bourrage plus précoce et moindre sensibilité aux dégâts de gibier).

**Petits placeaux de 9 à 20 plants**  
avec des espacements entre plants plus réduits (de 1 à 3 mètres) aux résultats plus probants



Ces placeaux bénéficient de protections contre les cervidés différentes en fonction de l'état du sous-bois. Lorsque le sol est « propre », l'accès aux plants par les chevreuils est aisé. Les placeaux sont alors protégés par des petits enclos avec une grille métallique d'1,2 mètre de haut. Si des rémanents de coupes (têtes des houppiers, grosses branches) sont présents ou que la végétation d'accompagnement est bien développée, les plants sont introduits au sein des éléments présents et sont protégés par des tuteurs individuels (3\*3cm). Enfin, dans certaines situations, la régénération naturelle est déjà présente. Des plants sont alors installés au sein de la régénération dans un objectif de diversification.



Petit placeaux de Douglas protégé par un enclos avec clôture métal.

© Antoine Berlioz



Les essences sont variées :

- **Chênes, Pin laricio, Cèdre de l'Atlas** sont plébiscités sur stations sèches ou moins fertiles.
- **Douglas et Érables** sont utilisés en priorité dans les secteurs de versant bien exposés.
- Dans les fonds de vallon, les enrichissements sont réalisés à base de **Mélèze, Frêne, Aulne ou Érables**.

Une seule essence est utilisée par placeau. La diversité est visée en alternant les essences de chaque placeau et peut être complétée par le développement de la régénération naturelle.

Les plantations étaient réalisées jusqu'à présent à la fin de l'hiver sans préparation du sol. Le recours à une mini-pelle mécanique est imaginé pour les secteurs les plus difficiles et envahis par la ronce, la fougère ou les rémanents.

### Suivi et entretien

Chaque placeau d'enrichissement est référencé sur une carte d'ensemble qui localise (positionnement relatif) les placeaux, et précise l'essence utilisée, la modalité et la date de plantation.

Le suivi est assuré par Mathias Bonneau qui contrôle en routine l'état des protections, le niveau de reprise, le développement de la végétation concurrente. Les actions correctives (remise en place des protections, regarnis, dégagements, taille de formation) sont menées en moyenne pendant une période de 7 à 10 ans. Les peuplements continuent de profiter d'actes sylvicoles grâce à des éclaircies d'intensité légère réalisées tous les 7 ans.

Le placeau d'enrichissement est considéré comme réussi dès lors qu'un ou plusieurs individus de plus de 3 mètres sont acquis, ou lorsque le diamètre est suffisant pour éliminer les risques de frottis. À partir de ce stade, les interventions sont réduites à de la surveillance et au retrait des protections.



*Le nombre de plants installés influe très fortement sur le coût de l'enrichissement. Il doit être déterminé en fonction du rapport coût/bénéfice attendu*

### Réflexions économiques

Les enrichissements réalisés s'inscrivent dans une logique de rentabilité forestière à long terme. Ils doivent pouvoir contribuer à renouveler la forêt et assurer la production de bois de qualité dans un objectif de valorisation. Les enrichissements s'associent au fil du temps à une nouvelle génération très diversifiée. Les investissements sont réduits et lissés dans le temps. L'effort de régénération (naturelle et enrichissement) est évalué à 2 000 €/an.

**4 à 9 € par plant**  
pour l'installation selon la modalité  
**100 à 150 € pour l'acquisition**  
**d'un placeau**  
Installation et entretien pendant 7 ans

### Quel niveau de satisfaction au regard des objectifs ?

**Au bout d'une quinzaine d'année, environ 70 à 80 % des placeaux répondent aux critères de réussite** ou en passe de le devenir

Une quarantaine de placeaux ont été abandonnés malgré des efforts importants, notamment ceux installés selon la modalité trame large utilisée dans les premiers temps. Les plants installés bénéficient globalement de l'ambiance forestière préservée par le gestionnaire. Aucun nombre de placeaux d'enrichissement par hectare n'est escompté a priori. L'effort de plantation est ajusté en fonction de la régénération naturelle qui se développe.

### Conclusion

Les choix de gestion (maintien du peuplement malgré des débuts de dépérissement, réalisation régulière d'enrichissement) permettent d'accompagner le changement progressif de la forêt. « **Elle se régénère, mue, se diversifie en essences et en structure.** » Le gestionnaire a fait évoluer les solutions techniques employées pour s'adapter au mieux à la situation rencontrée. Des ajustements restent toujours nécessaires (intensité de l'investissement, localisation des enrichissements, périodes d'intervention...) mais l'initiative est globalement satisfaisante et remplit les critères définis par les propriétaires grâce à l'appui d'un forestier réalisant et suivant de près les opérations conduites.

*Développement d'un individu issu d'enrichissement. Ce Douglas jouera progressivement ses rôles de diversification et de production.*



# Enrichissements au sein de la forêt de Grandpré-Sauvelles

## Trente ans de recul pour une vision globale

### Éléments de contexte

La forêt de Grandpré-Sauvelles occupe une surface d'environ 75 hectares. Elle est très diversifiée grâce aux essences feuillues Chênes, Hêtres, Châtaigniers mais aussi résineuses Douglas, Mélèzes, Sapin... qui la composent.

Elle est gérée depuis plus de 30 ans par Hans Kreuzler, gestionnaire forestier indépendant qui, par empirisme, applique une sylviculture pragmatique, douce, au profit des arbres de qualité et de la diversité. Le forestier accompagne les dynamiques naturelles à l'œuvre pour répondre au mieux aux besoins des Hommes et des propriétaires.

La forêt bénéficie d'interventions fréquentes mais peu intenses selon les principes d'une sylviculture à couvert continu. La rotation d'environ 7 ans est ajustée en fonction des besoins. Le niveau de prélèvement est assez faible, de l'ordre de 15 % du capital permettant de conserver un capital compatible avec la permanence du couvert, la production de bois en continu tout en favorisant un renouvellement diffus et diversifié.

Hans Kreuzler s'appuie sur la vision, les compétences et la proximité de Loïc Bonnot pour réaliser les différents travaux sylvicoles qui doivent être conduits périodiquement dans les peuplements.

Localisation	Altitude	Précipitation annuelles	Sols	Pression des cervidés	Essences en place
Saint-Georges-la-Pouge (23)	Environ 600 m	1 100-1 200 mm	Sols limono-sableux développés sur granites et schistes assez profonds ; risques localisés d'engorgement	Modérée (présence de chevreuils) au moment de la plantation	Châtaignier, Hêtre, Chêne...

### Point de départ et objectifs assignés aux enrichissements



Récolte significative de grosses réserves de Chênes et de Hêtre, des Pins sylvestres puis du Châtaignier.

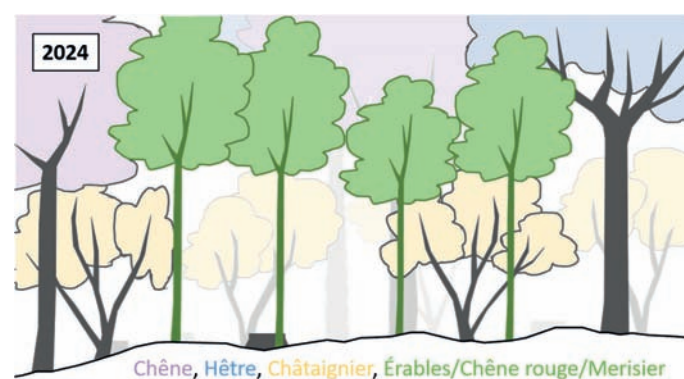


La « peur du vide » et l'impatience incitent le gestionnaire à réaliser des plantations d'enrichissements.

La parcelle a été layonnée tous les 6 m et les plants installés tous les 4 m sur les lignes (soit environ 420 plants/ha).



Cet enrichissement a demandé un suivi régulier du fait de la vigueur des essences en place comme le Châtaignier et le Hêtre notamment. Des Hêtres préexistants, conservés dans les trouées créées par la récolte des réserves de Chêne, se sont fortement développés. La croissance de ces individus conservés initialement a « explosé » et a fortement concurrencé les plants installés.



Les enrichissements réalisés plus de 30 ans auparavant sont complètement intégrés dans le peuplement diversifié et producteur.



**Douglas, Chêne rouge, Érables plane et sycomore, Merisier, Mélèzes du Japon et hybride** ont été introduits pour diversifier le peuplement existant.



Loïc Molines © CNPF

*La dynamique du Hêtre est parfois difficile à enrayer ou alors à renfort de travaux onéreux*

### Suivi et entretien

Des visites annuelles de contrôle ont été menées.

Des travaux sylvicoles multiples ont permis le maintien et la bonne croissance d'une partie des arbres plantés (dégagements notamment). Les peuplements entourant les zones d'enrichissement ont de plus fait l'objet d'éclaircies garantissant les apports de lumière nécessaires au développement des jeunes arbres.

### Réflexions économiques

La pertinence économique dépend principalement du niveau de dépenses effectuées. Si les enrichissements apportent le bénéfique « prétexte » de venir visiter les parcelles et réaliser des travaux d'ajustements au sein des plantations et de la régénération naturelle, il ne faut pas que l'équilibre financier soit rompu. Le forestier ne doit pas réaliser des dépenses disproportionnées pour faire sortir à tout prix des plants issus d'un enrichissement. Dans le cas présent, les travaux ont été compensés par la récolte de piquets Châtaignier et du bois de chauffage.

Les modalités techniques et le choix des essences doivent s'inscrire dans la dynamique végétale à l'œuvre. Si les options prises s'opposent à la dynamique en cours (ex : plantation d'essences héliophiles dans des trouées restreintes avec forte dynamique de Hêtre), les travaux nécessaires seront plus conséquents et le coût global plus élevé.

**Ajuster les choix techniques des enrichissements à la dynamique en cours pour réduire les coûts d'entretien.**

### Quel niveau de satisfaction au regard des objectifs ?

**Après trente ans de recul, les plants installés par enrichissement sont intégrés dans le peuplement et assurent des fonctions variées.**

Le peuplement travaillé depuis 1991 est diversifié grâce à l'apport des plants installés mais aussi par l'arrivée et le développement de la régénération naturelle (Hêtre et Chêne). Tout cela a été permis par l'ambiance forestière qui a été conservée au cours du temps. En Allemagne, le terme « Vorwald » est employé. Il se traduirait littéralement comme pré-forêt, évoquant la nécessité d'un couvert forestier avant de passer à la gestion vers l'éducation d'arbres de valeur.

L'enrichissement aurait pu se limiter à introduire moins de plants pour diversifier le peuplement et miser partiellement sur les essences existantes. En particulier, il convient, dès la phase de plantation, de s'éloigner des arbres déjà en place et ombrageant.

Ce type de plantation n'est pas à la portée de tout le monde à cause du suivi qu'il demande.

La présence des enrichissements a incité le propriétaire et son gestionnaire à suivre finement l'évolution du peuplement. Des interventions d'ajustement ont pu être conduites en temps et en heure favorisant la production de tiges de qualité quelle que soit leur origine.

### Conclusion

La technique des enrichissements a ici été utilisée préférentiellement pour « **enrichir la diversité** ».

Les enrichissements permettent au forestier de disposer d'options supplémentaires. Ce sont cependant des options comme les autres. Il convient de ne pas surinvestir ni de privilégier systématiquement les arbres plantés au détriment d'une tige de meilleure qualité qui serait issue de régénération naturelle.

Ces actions doivent s'inscrire dans un « **partenariat entre l'Homme et la Forêt** » pour une efficacité optimale.



Loïc Molines © CNPF

*Au centre, un Mélèze de haute qualité, issu de l'enrichissement de 1991 désormais intégré au peuplement*

# Enrichissements sous couvert au sein du GFR de SOMICAL

## Une gestion proactive pour diversifier les peuplements

### Éléments de contexte

La propriété du Groupement Foncier Rural de SOMICAL occupe une surface de 1 330 hectares dont plus de 1 000 hectares boisés. La forêt a été constituée au début des années 1960 dans le cadre du Fonds Forestier National avec du Pin noir d'Autriche (75 % de la surface), du Pin laricio de Calabre (22 %) et des résineux divers comme le Mélèze d'Europe ou le Cèdre de l'Atlas (3 %). La forêt est située dans le cœur du Parc national des Cévennes. Outre les importants enjeux économiques, les propriétaires sont sensibles aux fonctions paysagères et environnementales de la forêt.

Les peuplements, aujourd'hui au stade Bois moyens, bénéficient depuis une quinzaine d'années d'une sylviculture à couvert continu. La rotation fixée à 10 ans et le niveau de prélèvement de 15 % du capital permettent de maintenir la surface terrière globalement entre 20 et 26 m<sup>2</sup>/ha.

Le GFR familial s'appuie sur Alain Givors, gestionnaire de la propriété, et sur Emmanuel Barge, technicien salarié, pour mettre en œuvre et suivre les opérations sylvicoles.

Localisation	Altitude	Précipitation annuelles	Sols	Pression des cervidés	Essences en place
Vébron (48)	Entre 960 et 1 208 m	Environ 900 mm	Limono-argilo-sableux sur calcaires et dolomie, peu à moyennement profonds	Significative (présence de chevreuils et de cerfs)	Pin noir d'Autriche / Pin laricio de Calabre

### Point de départ et objectifs assignés aux enrichissements

→ Depuis 2016, des initiatives et des tests variés sont conduits pour **diversifier la propriété** quasi exclusivement composée de Pins noirs d'Autriche (étage arboré et régénération). La modalité d'enrichissement par petit plateau de 8 à 10 plants avec protection collective est celle qui présente les meilleurs résultats.

→ Entre 2018 et 2020, des épisodes de pullulation de chenilles processionnaires couplés à du rouge cryptogamique (champignon) ont affaibli une surface significative de la forêt et ont conduit à une mortalité accrue. Il a alors été décidé d'accélérer le processus de diversification en s'appuyant sur le dispositif financier du Plan de Relance dans les endroits les plus opportuns. Un changement de modalité est nécessaire pour amplifier l'action.

→ Hivers 2021/2022 et 2022/2023, 2023 les enrichissements sous couvert de pins ont été conduits sur une surface de 63 hectares et complètent les 103 plateaux installés sur plusieurs années depuis 2016. Les objectifs assignés aux enrichissements sont multiples. Si le souhait de **production de bois de qualité** pour les essences résineuses introduites reste central, l'objectif de **diversification** guide l'action. L'introduction d'essences feuillues doit apporter des **complémentarités en faveur de la biodiversité, du fonctionnement des sols ou encore modifier favorablement le microclimat. L'adaptation de la forêt au changement climatique est visée.**

### Modalités d'enrichissements

**Un important travail préalable de repérage a été effectué en amont. Il a permis d'identifier les secteurs présentant des niveaux de surface terrière compatibles avec la croissance des essences sélectionnées sous le couvert des pins. Ce travail s'est focalisé sur les stations les plus favorables à la production forestière diversifiée.**

Les plants sont installés sous l'abri des peuplements de Pins noirs d'Autriche existants. L'introduction sous forme de bouquets ou de parquets est ciblée dans les peuplements présentant un niveau de capital modéré (12-20 m<sup>2</sup>/ha) traduisant des conditions de lumière intermédiaires, c'est-à-dire suffisantes pour permettre le développement de jeunes plants mais limitant les effets d'exposition au vent et à la sécheresse, particulièrement préjudiciables en contexte caussenard.

#### Plantation sous couvert

Environ 260 plants/ha, organisés par bouquets de 2 à 4 essences par zone  
60 % résineux - 40 % feuillus  
Plants espacés de 2 à 4 m



L'abri des pins : un ombrage protecteur pour les jeunes plants.



Les plants sont installés après travail du sol à la dent Becker.

Les essences sont délibérément variées dans l'objectif de diversification et de test d'essences. **Cèdre de l'Atlas, Sapin de Bornmüller, Sapin de Nordmann, Sapin de Céphalonie, Mélèze d'Europe** sont introduits pour assurer le rôle de production. Les feuillus, **Hêtre, Chêne sessile, Érables plane et sycomore, Alisier torminal, Tilleul** sont intégrés en mélange intime à hauteur de 40 % et joueront des fonctions variées. Chaque zone d'enrichissement comptabilise 2 à 4 essences. Chaque plant est protégé individuellement par deux liteaux et une gaine Nortene Ø30 cm - 1,2m.

### Suivi et entretien

Chaque placeau d'enrichissement est référencé par GPS. De la rubalise avait été disposée sur les arbres du pourtour de la zone concernée afin de faciliter le repérage lors de la phase de travaux. Une cartographie d'ensemble est élaborée localisant les zones enrichies, les modes d'enrichissement et les essences utilisées.

Le suivi est assuré par Emmanuel Barge qui effectue deux passages par an. Un premier passage est réalisé l'hiver pour vérifier que la neige n'écrase pas les plants. Le second est effectué en été pour la remise en place des protections et la comptabilisation des mortalités en vue d'éventuels regarnis. Les regarnis sont déclenchés dès lors que le taux de mortalité excède 15 %.

Ces enrichissements à grande échelle sont intégrés dans un dispositif expérimental de suivi (protocole CNPF-IDF) pour tirer des enseignements sur la technique et les essences implantées.



Le Tilleul, une essence intéressante pour des enrichissements sous couvert.

### Réflexions économiques

Les enrichissements réalisés semblent impératifs pour diversifier la forêt. L'effort financier est fort tant en termes d'investissement initial que de suivi. Le coût est accru par le travail par entreprise et surtout par les protections contre les cervidés.

**10 €/plant** pour l'installation dans la modalité de plantation sous couvert

**47 % du coût** consacré à la protection contre les cervidés

**environ 100 €** pour l'installation d'un placeau d'une dizaine de plants avec protection collective

### Quel niveau de satisfaction au regard des objectifs ?

Après trois saisons de végétation, la mortalité reste faible et de l'ordre de 11 %

2022 particulièrement difficile d'un point de vue climatique. Pourtant, **le taux de reprise suivant la plantation a été excellent (97 %) grâce à l'ombrage apporté par le peuplement.** Après trois saisons de végétation, le niveau de mortalité reste faible (11 %). Une essence, le Chêne sessile, présente une moindre réussite (35 % de mortalité) pour des causes multifactorielles (qualité des plants, adéquation essence/station). Il conviendra de suivre l'évolution de la mortalité et les niveaux de croissance mais la diversification sur des terrains contraignants est en passe de réussir.

### Conclusion

La diversification de cette vaste forêt monospécifique est primordiale pour son avenir et pour continuer d'assurer ses différentes fonctions. Naturellement, des essences variées commencent progressivement à s'installer. **La technique des enrichissements sous couvert permet d'accélérer cette diversification, de choisir les secteurs à enjeux dans lesquels concentrer les efforts ainsi que d'optimiser le choix des essences en fonction des stations.** Les premiers résultats sont encourageants mais la vigilance reste de mise notamment vis-à-vis des dégâts de cervidés constatés dès lors que les plants sortent des protections. La présence d'un technicien forestier permet d'assurer un suivi fin et régulier des enrichissements.



Première modalité d'enrichissement testée par petits placeaux. Les essences feuillues implantées atteignent le stade fourré.

## Exemples de chantiers recensés au cours du projet ENRICHIRR – en forêt publique et forêt privée

Commune	Date	Type	Ampleur du chantier	Essence(s) peuplement	Essence(s) plantée(s)	Type de protection	Commentaires
(04) Céreste	2019	Petits placeaux (9 à 25 plants)	2800 plants sur 15 ha	Pin noir, Chêne	Cèdre, feuillus divers	Gaine plastique	
(04) Entrages	2021 à 2023	Petits placeaux (5 ou 25 plants)	50 000 plants sur 200 ha	Pin sylvestre	Pin d'Alep et de Salzmann, Sapin de Céphalonie, Cèdre	Trico	G < 20 m <sup>2</sup> : 5 plants tous les 15 m environ le long des cloisonnements. G > 20 m <sup>2</sup> : ouverture de trouées pour 25 plants. Besoin de protections supplémentaires.
(04) Montjustin	2019	Petits placeaux (9 à 25 plants)	2800 plants sur 20 ha	Chêne, Pin sylvestre	Cèdre et feuillus divers	Gaine plastique	
(04) Revest du Bion	2017	Petits placeaux (9 à 25 plants)	4000 plants	Pins maritime, sylvestre, Chêne	Cèdre, Pin laricio, feuillus divers	Gaine plastique	Vigilance pour la remise en place des liteaux, mal enfoncés (chute de protections dommageable).
(04) Valernes	2018	Petits placeaux	3300 plants sur 8 ha	Pin noir	Cèdre, Pin laricio, feuillus divers	Gaine plastique	
(12) Auriac Lagast	2021	Petits placeaux (12 à 16 plants)	25 à 30 placeaux sur 6,9 ha (60 plants/ha)	Hêtre, Chêne	Hêtre	Gaine ou Trico (à but comparatif)	Travaux préparatoires sur le sous-étage de Houx et Noisetier très important. Compléments de régénération.
(12) Balaguier sur Rance	2017-2020	Bouquets	13 bouquets	Douglas	Douglas, Cèdre, Pin laricio	Liteaux, Gaine (si feuillus)	Majorité des bouquets > 2500 m <sup>2</sup> , perte d'ambiance forestière.
(12) Gissac	2019-2021	Bouquets	10 bouquets entre 850 et 2000 m <sup>2</sup>	Pin laricio	Cèdre, Pins laricio, Sapin de Bornmüller	Trico (1 à 2 fois/an)	Avec le recul, une taille de trouée de 1,5 fois la hauteur du peuplement aurait pu suffire.
(23) Chard	2022	Nids (25 plants, 5 m <sup>2</sup> )	7 nids purs	Douglas, Épicéa de Sitka	Érable sycomore, Chêne sessile, Châtaignier	Trico à la plantation	Repérage à remettre en place, nids difficilement repérables dans la ronce qui contribue cependant à leur protection.
(26) Die	2022-2023-2024	Petits placeaux (5 plants)	28 placeaux, 140 plants sur 7 ha	Hêtre, Épicéa, Sapin pectiné	Érables plane et champêtre, Tilleul	Gaine métallique	Gaines pouvant être remontées le long du liteau pour accompagner la croissance et possible réutilisation future ?
(26) Saint Julien en Vercors	2022-2023-2024	Petits placeaux (6 à 14 plants)	24 placeaux sur 2,6 ha	Hêtre, Épicéa, Sapin pectiné	Tilleul, Sapin de Bornmüller, Érable plane	Gaine métallique	Choix des sites réalisé hors-feuilles : fort biais dans l'appréciation de la luminosité en présence de Hêtre ?
(30,34) Cambonet-Salvergues et communes voisines	2022	Petits placeaux (9 à 16 plants)	2448 placeaux, 120 à 500 plants/ha	Hêtre, Épicéa, Pin laricio et sylvestre, gérés en régulier	Cèdre, Chêne sessile, Douglas, Sapin de Bornmüller	Gaine plastique	Protection uniquement des Sapins et Chênes pour limiter les coûts, mais fort abroussement en absence de protection. Ajout de répulsif prévu.
(42) Saint Sauveur en Rue	2023-2024	Petits placeaux (15 plants)	16 placeaux par ha, 8 ha	Sapin pectiné	Érable, Hêtre, Tilleul, Douglas, Châtaignier	Gaine plastique	Préparation manuelle laborieuse, contexte très pentu. Prochaines plantations en bord de piste uniquement.
(48) Grandrieu	2022	En plein sous couvert	1700 plants sur 11 ha	Pin sylvestre	Douglas, Sapins, Cèdre, Sorbier, Tilleul, Érable sycomore	2 liteaux ou gaine (sapins/feuillus)	Potets réalisés aussi sur les traînes de débardage, peu d'expérience de l'entreprise qui aurait nécessité plus de suivi.
(48) Le Pompidou	2018	Petits placeaux	370 plants sur 1 ha	Châtaignier	Cèdre, Sapin de Nordmann, Tilleul, Merisier, Chêne sessile et pubescent	Gaine et protection collective	Densité de plantation plus forte pour les Sapins, avec protection collective. Préparation du sol à la tarière thermique peu concluante. Compétition des Châtaigniers du taillis.
(48) Luc	1998-2016-2020	Dispersés, Petits placeaux	Plusieurs milliers de plants sur 70 ha en plusieurs tranches	Sapin, Épicéa, Douglas	Douglas	Aucune	Les plus anciennes plantations, sans protection, semblent réussies (attention au biais du survivant). Les plus récentes subissent de forts dégâts : évolution de l'équilibre sylvo-cynégétique, à réévaluer.
(48) Saint Frézal d'Albuges	2024	Bouquets (1000 m <sup>2</sup> )	5250 plants sur 30 ha	Épicéa	Douglas, Érable sycomore	3 liteaux, gaine si feuillu	Entreprise sans expérience de ce type de chantier : recadrage technique par le gestionnaire nécessaire.
(48) Saint Laurent de Muret	2021	Bouquets (de 400 à 2000 m <sup>2</sup> )	10 bouquets sur environ 15 ha	Épicéa	Douglas, Cèdre, Mélèze, Érable sycomore	2 liteaux, gaine si feuillu	Très forte pression du gibier, le taux de dégâts menace la réussite de l'enrichissement dans son ensemble.
(63) Condat les Montboissier	2023	Nids (5x5 m)	5 à 15 nids par trouée de 1000 à 1500 m <sup>2</sup>	Hêtre, Sapin pectiné	Pins sylvestre et laricio, Chêne, Tilleul, Châtaignier, Érable sycomore	Trico	Bonne reprise, mais abroussement des Érables dû à l'absence de protection dès la plantation. Du Trico est appliqué <i>a posteriori</i> pour limiter les dégâts.



# Conclusion

La brochure « **Les enrichissements en sylviculture mélangée à couvert continu – Retours d'expérience de la conception à la réalisation** » constitue une première base facilitant l'appropriation de cette technique. En centralisant des réflexions, des expériences et des analyses de pratiques, elle permet aux forestiers d'éviter les écueils les plus courants. Le document apporte des éléments de méthodologie générale, à la fois pour définir la pertinence de l'enrichissement au regard des objectifs, mais aussi pour la conception technique et l'organisation des chantiers. Le travail réalisé a mis en avant l'existence d'une très grande variabilité de déclinaisons sous le terme « enrichissement ». Si certains aspects sont détaillés dans la brochure, **il convient de garder à l'esprit que chaque situation mérite une analyse particulière. C'est au forestier local, seul ou accompagné, de trouver les meilleurs ajustements pour prendre en compte les spécificités de chaque projet.**

La brochure n'a pas été conçue tel un guide *stricto sensu* avec des propositions de solutions clés en main. **En revanche, elle apporte des pistes de réflexion et attire l'attention sur des sujets nécessitant une vigilance accrue.**

Dans les années à venir, le partage d'informations (relatives à des chantiers pilotes, des tests, des suivis d'enrichissement intégrés dans des réseaux expérimentaux) garantira aux forestiers d'avancer collectivement sur le sujet des enrichissements. Cela permettra de jalonner progressivement et plus finement forces, faiblesses, risques et opportunités en établissant de nouvelles références. Il sera important de capitaliser sur davantage de retours d'expérience associés à des réussites, mais aussi à des échecs, tout aussi instructifs.

Les diagnostics initiaux, les phases de conception des projets, le suivi de chantiers de référence sur le moyen et long terme ainsi que l'évaluation de la réussite des chantiers d'enrichissement sont des sujets qui mériteront d'être creusés à l'avenir. Les sylviculteurs s'approprieront alors progressivement la technique et seront en mesure de la décliner de manière opérationnelle et appropriée.

Les enrichissements constituent une technique requérant un bon niveau d'expertise ainsi que des moyens humains et financiers suffisants. Ils offrent, dès à présent, une nouvelle corde à l'arc du forestier dans une logique globale d'adaptation des forêts au changement climatique. Ils s'appuient sur une meilleure prise en compte de l'environnement forestier, du couvert, des dynamiques de végétation et par conséquent des conditions de lumière et de température. Cette technique représente une solution pour diversifier, régénérer ou améliorer la valeur de peuplements forestiers. **Il est ainsi possible d'intégrer les enrichissements de manière préventive ou corrective dans des programmes de travaux, soit lors d'opérations uniques, soit sous forme d'actions répétées, dans le cadre d'une vision dynamique des peuplements en contexte climatique changeant.**



Coralie De Roo © CNPF

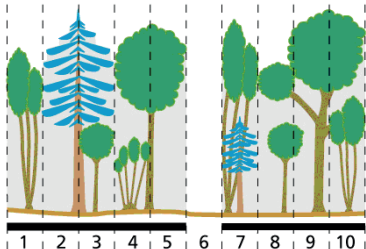
Cet ouvrage est le fruit d'un travail participatif et collectif de nombreux forestiers privés et publics. Seuls la poursuite d'échanges et le partage d'idées, de méthodes et d'expériences favoriseront une meilleure maîtrise de la technique d'enrichissement en sylviculture mélangée à couvert continu.

La voie est dessinée. Aux forestiers de la suivre, d'apprendre et de progresser...

# Glossaire

<b>A</b>	
Abri	Écran constitué par la végétation forestière, réduisant les effets climatiques indésirables et améliorant ainsi l'ambiance forestière. L'abri peut être vertical ou latéral. ( <i>Vocabulaire forestier, 2011</i> )
Aggradation (Phase d')	Dans les cycles sylvigénétiques, phase correspondant à la pleine croissance des semis (ex : cône de régénération dans une trouée). ( <i>Vocabulaire forestier, 2011</i> )
Allélopathie	Inhibition, voire toxicité, vis-à-vis de la croissance ou du développement d'un organisme par des substances chimiques issues du métabolisme d'autres organismes plus ou moins proches. Synonyme : Télétoxie. ( <i>Vocabulaire forestier, 2011</i> )
Ambiance forestière	Microclimat particulier induit par la présence de la végétation forestière et principalement par sa composante arborescente. ( <i>Vocabulaire forestier, 2011</i> )
<b>B</b>	
Bouquet	Cf. « Définitions – Types d'enrichissements en SMCC et termes associés » p.7
<b>C</b>	
Collectif d'enrichissement	Nid, placeau ou bouquet réalisé dans le cadre d'une plantation d'enrichissement. ( <i>Définition du terme tel qu'employé dans ce document</i> )
Couvert absolu	Cf. Taux de couvert absolu
Cultural (Essence à rôle/à objectif)	Essence d'accompagnement utile pour la sylviculture d'une autre essence ayant un objectif de production. Elle intervient en gainage, en éducation, etc.
<b>E</b>	
Éclaircissement relatif	Cf. « Lumière en forêt – Importance et mesures » p.20
Élagage de compensation	Élagage artificiel intervenant à la suite d'un constat de compression insuffisante ayant mené à des défauts de branchaison d'un arbre.
Enrichissement	Cf. « Définitions – Types d'enrichissements en SMCC et termes associés » p.7
Environnement lumineux	Cf. Éclaircissement relatif.
Équivalent Gros Bois (éqGB)	Surface théorique correspondant au couvert d'un Gros Bois (projection verticale du houppier au sol). Attention ! Unité de surface très variable selon l'essence considérée et la sylviculture menée, voire la fertilité de la station. 1 ÉqGB de Bouleau verruqueux ≈ 50 à 80 m <sup>2</sup> (diamètre de houppier : 8-10 m) 1 ÉqGB de Hêtre ou Chêne ≈ entre 180 et 315 m <sup>2</sup> (diamètre de houppier : 15-20 m)
<b>L</b>	
Lumière diffuse	Cf. « Lumière en forêt – Importance et mesures » p.20
Lumière directe	Cf. « Lumière en forêt – Importance et mesures » p.20
<b>M</b>	
Migration assistée	Stratégie d'adaptation au changement climatique par migration artificielle de populations végétales, réalisée par l'introduction à plus hautes latitudes d'espèces (ou de provenances) d'arbres et d'arbustes issues de régions plus chaudes et plus sèches.
<b>N</b>	
Nid	Cf. « Définitions – Types d'enrichissements en SMCC et termes associés » p.7



P	
Placeau	Cf. « Définitions – Types d'enrichissements en SMCC et termes associés » p.7
Plantation sous couvert	Cf. « Définitions – Types d'enrichissements en SMCC et termes associés » p.7
Point d'appui	Cf. « Définitions – Types d'enrichissements en SMCC et termes associés » p.7
Pouvoir dynamogénétique	Capacité d'une espèce à couvrir rapidement de grandes surfaces grâce à ses stratégies d'occupation de l'espace aérien et souterrain. On parle aussi de comportement monopoliste. (d'après Moyses F., La Forêt Privée n°389, 2023)
Précomptable	Arbre dont le diamètre dépasse celui à partir duquel les tiges sont comptabilisées dans les inventaires, généralement 17,5 cm. Pour l'Inventaire forestier national, ce diamètre est de 7,5 cm.
R	
Régénération	a) Ensemble des interventions sylvicoles de renouvellement d'un peuplement forestier par voie sexuée (naturelle ou artificielle) b) Ensemble des semis et fourrés de moins de 3 m de hauteur présents sur une surface donnée.
Régénération naturelle assistée	Ensemble des interventions de renouvellement naturel d'un peuplement forestier faisant l'objet de travaux favorisant l'installation du semis (travail du sol, crochetage) et complété par plantation ou semis.
S	
Sylviculture mélangée à couvert continu (SMCC)	La SMCC est une stratégie tendant à optimiser le traitement des écosystèmes forestiers, afin qu'ils remplissent de manière durable et rentable leurs multiples fonctions socio-économiques, et en premier lieu leur fonction de production de bois de qualité. Dans le but de minimiser les risques écologiques et économiques, cette sylviculture s'appuie très largement sur les processus naturels. Les traitements appliqués sont donc basés sur la continuité du couvert et le respect des processus naturels de croissance et de renouvellement de la forêt. Ils peuvent être mis en œuvre pour un très grand nombre d'essences et de stations. La sylviculture est pratiquée à l'échelle de l'individu (« sylviculture d'arbre ») et non du peuplement. La production est concentrée sur les sujets de haute qualité, très souvent de grosses dimensions. La gestion du sous-étage doit permettre d'accueillir et de maintenir la régénération et de maîtriser sa composition en essence. ( <i>La sylviculture mélangée à couvert continu en pratique</i> , Sanchez C., 2022).
T	
Taux de couvert absolu	<p>« Le taux de couvert absolu d'un peuplement est égal à la somme des couverts des arbres recensables qui le composent rapportée à la superficie du site. » (Inventaire Forestier National). Autrement dit, le taux de couvert absolu est le rapport entre la surface couverte par les houppiers des arbres (à partir de 7,5cm de diamètre) et la surface totale au sol.</p> <div style="text-align: right;">  <p>Ex : taux de couvert absolu de 90% ↑</p> </div> $\text{Taux de couvert absolu} = \frac{\text{Surface couverte par les houppiers (arbres de diamètre } \geq 7,5 \text{ cm)}}{\text{Surface totale}}$
Trouée	Cf. « Définitions – Types d'enrichissements en SMCC et termes associés » p.7
V	
Végétation concurrente	Végétation en concurrence avec la régénération pour l'accès aux ressources (lumière, eau, éléments minéraux).
Végétation d'accompagnement	Végétation ligneuse complétant le peuplement principal. Un ou plusieurs rôles (cultural, protection, éducation, diversification, etc.) lui sont attribués de façon pérenne ou transitoire. Parfois appelé abusivement recrû.

# Bibliographie - Quelques références pour aller plus loin

- Baar, F. et al. (2023) *Renforcer la résilience pour des forêts au service de la nature et de la société. Partie 5, Travaux sylvicoles : vers des techniques simples et ciblées*, Forêt.Nature, (167), pp. 49–52.
- Balandier, P. et al. (2010) *Comment estimer la lumière dans le sous-bois forestier à partir des caractéristiques dendrométriques des peuplements ?*, Rendez-vous Techniques de l'ONF, (27–28), pp. 52–58.
- Balandier, P. et al. (2022) *Tamm review: Forest understorey and overstorey interactions: So much more than just light interception by trees.*, Forest Ecology and Management, (526).
- Bello, J. (2022) *Synthèse des résultats de la littérature scientifique sur les peuplements mélangés*. Rendez-vous Techniques de l'ONF, (76), pp. 4–17.
- Boulet-Gercourt and Lebleu (2000) *Les plantations d'enrichissement : leur utilisation après chablis*, Forêt Entreprise, (135), pp. 53–59.
- Colinot, A. (2003) *Les plantations d'enrichissement*, Forêt de France, (469), pp. 34–35.
- Diaci, J. (2002) *Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps*, Forest Ecology and Management, 161(1), pp. 27–38.
- Diaci, J. et al. (2019) *Conversion of Pinus nigra Plantations with Natural Regeneration in the Slovenian Karst : The Importance of Intermediate, Gradually Formed Canopy Gaps*, Forests, 10(12), p. 1136.
- Dulieu, C. (2022) *Anticipation du dépérissement de peuplements d'épicéas en Ardèche et Haute-Loire : Proposition d'itinéraires de renouvellement dans les trouées*.
- Dumas N et al. (2021) *Four-year- performance of oak and pine seedlings following mechanical site preparation with lightweight excavators*. Silva Fennica vol. 55 no. 2.
- Gaudio, N. (2010) *Interactions pour la lumière au sein d'un écosystème forestier entre les arbres adultes, les jeunes arbres et la végétation du sous-bois*. Université d'Orléans.
- Havet, N. et al. (2021) *Les plantations en points d'appui : un thème d'étude cher au CETEF de la Somme*, Forêt-Entreprise, (259), pp. 6–9.
- Ligot, G. et al. (2015) *Dosage de la lumière pour maintenir la coexistence d'espèces d'ombre et de demi-ombre dans la régénération de la futaie irrégulière*, Revue forestière française, 67(3), pp. 195–211.
- Lu, D. et al. (2018) *Seedling survival within forest gaps: the effects of gap size, within-gap position and forest type on species of contrasting shade-tolerance in Northeast China*, Forestry : An International Journal of Forest Research, 91(4), pp. 470–479.
- Moyses, F. (2011) *La plantation par nids*, La Forêt Privée, (321), pp. 42–47.
- Moyses, F. (2015) *Les difficultés rencontrées en régénérations artificielles sont-elles inéluctables ?*, La Forêt Privée, (341), pp. 51–58.
- Moyses, F. (2019a) *Retour d'expériences et actualisation de la pratique des plantations par collectifs*, La Forêt Privée, (370), pp. 34–45.
- Moyses, F. (2019b) *Transformer progressivement un perchis ou une jeune futaie résineuse en peuplement à dominante feuillus mélangés*, La Forêt Privée, (368), pp. 36–46.
- Pro Silva France (2020) *Mémoire technique : Propositions de Pro Silva France dans le cadre du Plan de Relance*.
- proQuercus (2019) *Régénération artificielle des chênes indigènes*.
- Sanchez, C. (2016) *La sylviculture Pro Silva en Wallonie*. Forêt Wallonne asbl.
- Stokes, V., Kerr, G. and Connolly, T. (2021) *Underplanting is a practical silvicultural method for regenerating and diversifying conifer stands in Britain*, Forestry : An International Journal of Forest Research, 94(2), pp. 219–231.
- Wehrle, L. (2012) *Quels outils pour mieux maîtriser la végétation forestière concurrente ?*, Forêt Entreprise, (206), pp. 24–31.
- Zhu, J. et al. (2015) *On the size of forest gaps: Can their lower and upper limits be objectively defined?*, Agricultural and Forest Meteorology, 213, pp. 64–76.



# Annexe - Utilisation du densiomètre convexe

Extraits issus de : Baudry et al. (2013) Mesurer l'ouverture du couvert et estimer la disponibilité en lumière en forêt feuillue au moyen du densiomètre convexe, Forêt wallonne, Vol. 126, no.1, p. 17-28.

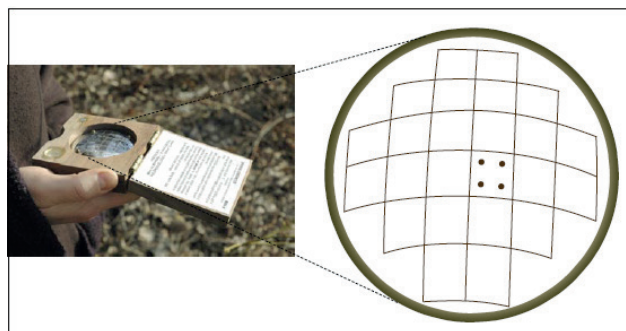
## Présentation et utilisation de l'outil

Le densiomètre est composé d'un miroir fixé sur un cadre en bois de 7,5 cm de côté. Le miroir est convexe et divisé en une grille gravée de vingt-quatre carrés. Une nivelle permet de positionner l'appareil par rapport au plan horizontal.

Le densiomètre est tenu en main à hauteur de coude de manière à faire coïncider le reflet du front de l'opérateur avec la limite inférieure du quadrillage. L'opérateur visualise ensuite la projection de la canopée sur la grille.

Pour chaque carré, l'opérateur examine l'interception ou non du couvert par quatre points imaginaires ; il somme les points libres de toute canopée et multiplie ensuite son résultat par 1,04 pour obtenir l'ouverture du couvert en pourcent (au bureau).

Par point de mesure, une visée doit être réalisée dans les quatre directions cardinales pour couvrir l'hémisphère et cerner la variabilité du couvert. Un entraînement et une inter-calibration préalables à toute utilisation sont requis et après quelques points de mesure, l'utilisation du densiomètre devient aisée.



## Caractérisation de l'angle de vue du densiomètre

La variabilité de l'angle frontal dépend de la hauteur de tenue du densiomètre par rapport à la taille de l'opérateur (interdistance). Cette distance varie de 45 à 80 cm selon les opérateurs et induit une différence de près de 13° sur l'angle frontal. Tenir l'appareil à une distance comprise entre 45 et 55 cm par rapport à sa hauteur totale (haut de la tête) permet une standardisation de l'angle de vue et donc une meilleure comparaison des résultats obtenus par différents opérateurs.

## Précaution à l'utilisation

Afin de minimiser l'effet lié à l'opérateur, nous suggérons une inter-calibration préalable. Un jeu de photographies illustrant différents couverts a été créé (cf. page suivante). Il permet aux opérateurs de s'exercer jusqu'au moment où les résultats obtenus égalent les valeurs d'ouverture du couvert de référence. Avant toute utilisation, il est donc fortement recommandé de réaliser ce comptage fictif au bureau et de se soumettre régulièrement à cette calibration.

## Vers une utilisation plus large du densiomètre

Il requiert :

- un apprentissage de la méthode de comptage ;
- un comptage dans chaque direction cardinale par point de mesure ;
- le maintien du densiomètre à une distance proche de 45-55 cm entre l'œil de l'opérateur et la hauteur du densiomètre ;
- la réalisation de mesures à plusieurs endroits dans la zone d'intérêt.

Dans cette étude, dix-sept points de mesure étaient utilisés au sein de chaque placette circulaire de 20 mètres de rayon (12,5 ares), soit environ quatorze points de mesure pour 10 ares. Cette surface correspond à celle de cellules de régénération et de trouées qui pourraient être installées, et se rapproche donc des pratiques sylvicoles potentielles.

À l'heure actuelle, peu de recherches se sont penchées sur les stratégies d'échantillonnage à mettre en place pour estimer l'éclairement sur de plus grandes superficies. Les taux de sondage à utiliser sont en effet difficiles à généraliser tant la variabilité spatiale de l'éclairement est élevée. Dans le cas de peuplements similaires à ceux de cette étude, il semble qu'un point de sondage par are soit une base suffisante. Une personne expérimentée réalise la mesure en un point en une minute. Dix minutes seraient donc nécessaires pour effectuer les mesures d'ouverture du couvert dans une cellule de régénération de 10 ares. Ce délai peut évidemment être modulé suivant la composition du couvert, les ouvertures du couvert des peuplements denses étant plus difficiles à estimer.

## Densiomètre, exercice de comptage

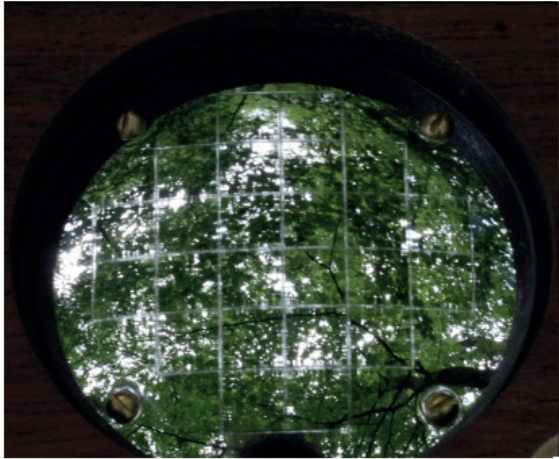


Photo 8 n = .....  
 Nord n = .....

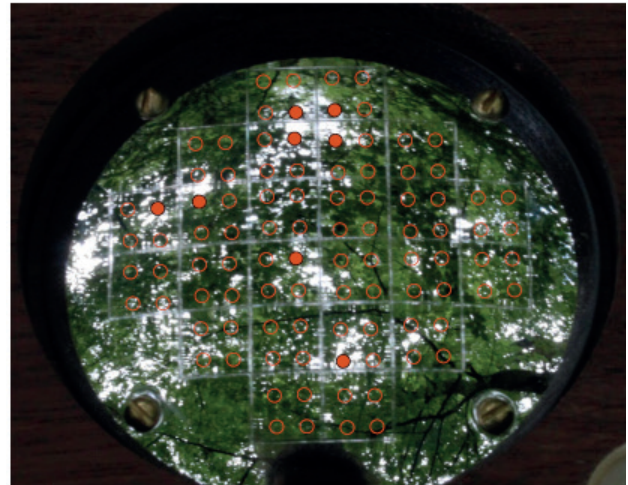
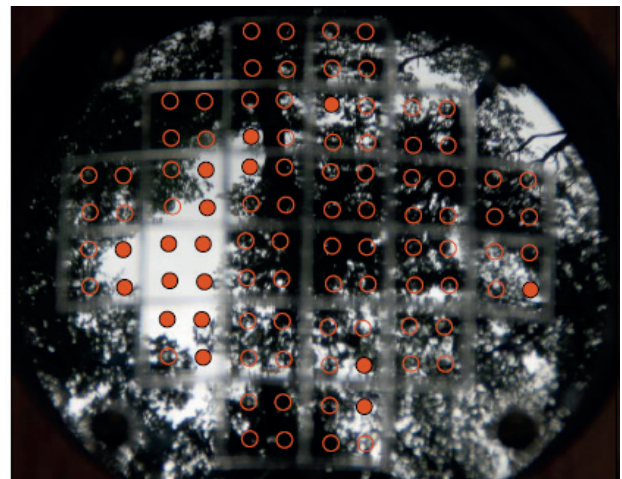


Photo 8 n = 8



Est n = .....



Est n = 17

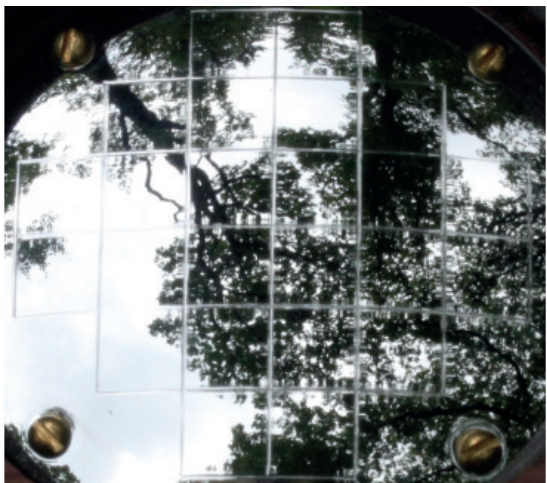


Photo 17 n = .....

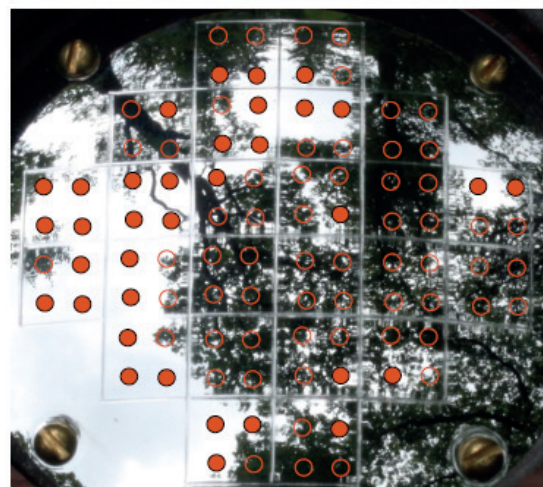


Photo 17 n = 35



# Remerciements

Cette brochure a été réalisée par l'équipe du projet ENRICHIRR composée de la délégation Occitanie du Centre National de la Propriété Forestière, de l'Agence Lozère de l'Office National des Forêts et d'AgroParisTech.



Le projet a été soutenu par le RMT AFORCE, dans le cadre de son appel à projets 2023, bénéficiant d'une part d'un soutien du ministère en charge de l'agriculture, du ministère en charge de l'Écologie et de l'interprofession nationale France Bois Forêt et d'autre part de financements de la Région Occitanie et du Parc national des Cévennes. Enfin, l'association FOGEFOR Lozère a apporté un appui exceptionnel pour certaines illustrations de la brochure.



## Rédaction :

Coralie DE ROO (CNPF Occitanie), Mickaël ELVIRA (ONF), Loïc MOLINES (CNPF Occitanie)

## Mise en page :

Patricia ORTIZ (CNPF Occitanie)

## Remerciements chaleureux aux relecteurs :

Baptiste ALGOËT (Parc national des Cévennes), Philippe BALANDIER (INRAE), Jean-Michel BOISSIER (Ecosylve), Karine BURTIN (ONF), Pierre DEMANGEAT (ONF), Anne-Pernelle DUC (CNPF-IDF), Éric LACOMBE (AgroParisTech), Nicolas LUIGI (Pro Silva France), Jean-Yves MAGAUD (CNPF Occitanie), Céline PERRIER (CNPF-IDF), Thierry SARDIN (ONF) et Cyprien VIALIS (CNPF Occitanie).

## Remerciement aux nombreux contributeurs pour les échanges, le partage d'informations et de données :

Géraud LAVANDIER, Benoit GUITON, Maxime JOURDE, Colas RYSIEWICZ, Méryl MEALLIER, Bénédicte MAZERON, Alisée PRIVAT, Jordan BELLO et Laurent LATHUILLIERE (ONF), Nicolas BELIN, Jean CULIE et Frédéric LEJUEZ (Forêt Évolution), Vincent GARAUD, Hans KREUSLER, Loïc BONNOT, Mathias BONNEAU (Entrécorses), Bruno GALLION, Alain GIVORS et Emmanuel BARGE (GFR SOMICAL), Jacques MAGNE, Vincent VALLA, Stéphane SERIEYE (CNPF Occitanie), Loïc BRUNET, Anouchka SIMONIN, Pierre MOUILLET, Gabriel TINNES, Tanguy BERNARD, Romain CHARBONNIER, Valentin ROUGEMONT et Jeanne SOUBEYRAN (AgroParisTech), Margot GESSEN et Benoit MÉHEUX (Pro Silva France).

L'équipe projet tient à rendre un hommage appuyé et sincère à **François MOYSES**, forestier passionné, pédagogue émérite, fin analyste et homme de valeur. Il nous a tant apporté. Il manquera aux forestiers et à la forêt.

## Impression sur papier certifié PEFC :

Imp'Act – Septembre 2024





# Les enrichissements en sylviculture mélangée à couvert continu

Issue du travail réalisé durant le projet ENRICHIRR, cette brochure fournit une aide à la réflexion s'adressant aux forestiers désireux de mettre en place des enrichissements au sein de peuplements gérés en couvert continu.

Elle questionne le niveau de pertinence de cette technique en fonction des peuplements et des objectifs visés, et met en avant certains points d'attention essentiels pour favoriser la réussite d'un projet d'enrichissement. Par la déclinaison de nombreux choix techniques possibles, ce document a pour objectif de faciliter la conception de projets adaptés finement à chaque situation rencontrée.

La richesse de la technique des enrichissements réside dans leur diversité et chaque projet est aussi unique que le contexte dans lequel il est mené. Loin d'être un guide de sylviculture, cette brochure ne donne pas de solutions clés en main et laisse une grande liberté dans leur conception.

*Porteurs du projet*



*Brochure réalisée avec le soutien financier de*

