

# Expertise collective « Coupes Rases et RENouvellement des peuplements Forestiers en contexte de changement climatique » (CRREF)

## RESUME (22 novembre 2022)

### Contexte

La gestion forestière fait face à un défi d'envergure : s'adapter au changement climatique tout en contribuant à son atténuation et en étant en capacité de répondre à une demande accrue de bois, tandis qu'elle fait face aux conséquences sanitaires d'aléas climatiques hors normes (sécheresses et canicules notamment). En outre, elle est aujourd'hui questionnée dans ses fondements techniques mêmes. Les modalités de renouvellement des peuplements, en particulier les **coupes rases**, font l'objet de vifs débats et d'une mobilisation sociale sans précédent.

*Les principaux résultats acquis dans le cadre de cette expertise collective sont résumés ici suivant le déroulement adopté lors de la restitution du 22 novembre.*

## La dimension sociale et économique des coupes rases et du renouvellement forestier

### La coupe rase : un sujet de tension sociétal

- Il y a toujours eu des **conflits** en forêt sur les droits d'usage et les façons de gérer la forêt. Les premiers conflits documentés autour des **coupes rases** datent du XIX<sup>e</sup> siècle. Trois périodes sont identifiables en France en 1850, 1910 et 1970 ; les solutions apportées à ces conflits ont toujours été partielles. Depuis le début des années 1990, plusieurs cas de conflits ayant pour origine des coupes rases ont émergé en Amérique du Nord et en Europe.
- Depuis 2015, les **mobilisations sociales** sont en nette augmentation avec plus de 60 pétitions contre les coupes rases depuis cette date. Elles se concentrent dans le Morvan, le Limousin, l'Île-de-France et les Pyrénées. La médiatisation du sujet a fortement progressé : la presse régionale et nationale a publié 50 articles sur les coupes rases en 2010, 109 en 2016 et 470 en 2021. Ces mobilisations ne sont pas qu'un artéfact médiatique, ni un coup politique mais elles semblent faites pour durer avec des phases plus ou moins éruptives. La coupe rase semble être à présent une source de conflit renouvelée entre producteurs et usagers.
- Les **arguments** contre la coupe rase sont d'ordres **paysager, écologique et économique**. Sur le plan paysager, les récriminations portent sur la taille des coupes rases, leur concentration dans certains territoires, l'état des parcelles et des chemins après travaux, la disparition des arbres matures. Sur le plan écologique, les récriminations portent sur la perte d'ambiance forestière, de biodiversité et des habitats, l'érosion, la structure et la fertilité ainsi que le carbone des sols, la qualité des eaux. *A contrario*, pour les forestiers qui pratiquent la coupe rase, cette opération permet d'optimiser la récolte sur le plan technique, logistique et économique. Ils considèrent que la coupe rase s'insère dans une mosaïque potentiellement bénéfique sur le plan paysager et écologique.
- Les mobilisations autour des coupes rases ne peuvent être analysées indépendamment **d'autres thématiques** portant sur les essences de reboisement, l'industrialisation des modes de production, la gouvernance des forêts privées et publiques, etc. et, comme tout projet – en forêt comme ailleurs –, la coupe rase est appréhendée par les acteurs sociaux à l'aune de ses conséquences écologiques, climatiques et démocratiques.
- Les voies envisagées pour **résoudre ces conflits** peuvent se faire dans le domaine de la communication, de la concertation et du changement de pratiques : (i) la **communication** « top-down » souvent utilisée par les sphères professionnelles forestières a des effets limités (elle

fonctionne pour informer, mais ne persuade pas le public), (ii) l'ouverture des **instances de participation** forestières constitue une amélioration démocratique à condition d'améliorer parallèlement les processus de prise de décision, (iii) les **changements de pratiques**, pour lesquels différentes options sont discutées et, pour partie, mises en œuvre : la prise en compte de seuils de coupes dans certains référentiels techniques, la tendance à la baisse de la taille des coupes rases par certains propriétaires, voire des changements de méthodes de sylviculture (adoption de la futaie irrégulière).

### Analyse technico-économique de la pratique des coupes rases selon leur surface et vis-à-vis d'autres modes de gestion

- Au cours des derniers siècles, la pratique des coupes rases a été prescrite pour la **surveillance des coupes** qu'elle permettait. Avec le développement de la sylviculture, c'est la conversion des taillis en futaie et, pour cette dernière, la « **méthode du réensemencement naturel et des éclaircies** » qui ont été mises en avant, reléguant les coupes rases au second plan. Cependant, les plantations de protection des sols sur le littoral et en montagne ont ouvert la voie aux **plantations de production** et donc à un retour mesuré des coupes rases aux côtés de la sylviculture traditionnelle. Aujourd'hui, les coupes rases sont en partie subies (après sinistre ou échec de la régénération naturelle). Lorsqu'elles sont délibérées, cela peut être pour des raisons écologiques (comportement des essences, adaptation à la station et au changement climatique), mais plus souvent pour des raisons économiques (productivité, réduction des coûts) et pour rationaliser les opérations (d'exploitation, de renouvellement, de gestion, de suivi...).
- Une réduction éventuelle de la place qu'occupent les coupes rases peut, en principe, être obtenue en (i) limitant leur taille dans l'espace, (ii) leur préférant une régénération naturelle qui étale les coupes dans le temps, (iii) faisant évoluer la structure spatio-temporelle vers une futaie irrégulière aussi à couvert continu.
- L'analyse de chantiers réalisés dans le cadre de l'ONF, d'une part, et au sein de la coopérative Alliance Forêt Bois, d'autre part, montre une diminution des coûts avec la **taille des chantiers** en raison des coûts fixes directs (transport, logistique, suivi de chantier) et indirects (administration des chantiers). Cette réduction est significative pour les opérations manuelles en dessous de 4 ha, plus forte et continue pour le travail mécanisé dont la charge double entre 5 ha et 2 ha. Une limitation de la surface des coupes à 5 ha augmenterait le nombre de chantiers jusqu'à 50 % pour une coopérative comme Alliance Forêt Bois ; une limitation à 2 ha le triplerait. Le coût total des opérations forestières suivrait la même tendance et affecterait aussi bien les entreprises de travaux forestiers que la rentabilité de la sylviculture et, globalement, la création de valeur. À défaut de pouvoir quantifier tous les phénomènes, on peut s'attendre à un fléchissement de la récolte de bois, à un recours accru à des importations ou à d'autres matériaux et à un accroissement des émissions de dioxyde de carbone (importations et nombre de chantiers).
- Les **comparaisons économiques entre futaies régulière et irrégulière** s'appuient sur l'économie des ressources naturelles (ici, surtout la fourniture de bois) et sur l'économie de l'environnement (prise en compte de tous les autres services écosystémiques, la plupart du temps non marchands). La seule méthode exacte consiste à estimer la valeur d'une forêt donnée par la somme de tous les avantages nets futurs espérés et actualisés pour différentes options de gestion ; il suffit alors de retenir l'option qui confère à la forêt sa plus forte valeur. Les options convergent en général vers un régime stabilisé équienne ou inéquienne et une période de conversion entre l'état actuel et ce régime. Des méthodes approximatives sont souvent utilisées, ce qui complique l'analyse des enseignements que l'on pourrait en tirer. L'analyse des publications économiques ne plaide en faveur ni d'un système, ni d'un autre. Les résultats dépendent beaucoup des hypothèses et des paramètres, en particulier de l'état initial. Cette conclusion invite à bien choisir le moment d'une conversion. Enfin, on manque en France de données sur l'ensemble des services écosystémiques, de modèles de croissance et donc d'applications pour évaluer l'opportunité d'une conversion entre les deux systèmes.

## Évaluation du système coupe rase – renouvellement (volet 1)

### Coupe rase et autres types de coupes : définitions

- La coupe rase se définit comme une « **Coupe unique portant sur la totalité du peuplement forestier et précédant généralement sa régénération artificielle** » (Bastien et Gauberville, 2011, Vocabulaire forestier). Les modalités techniques de coupes *non répertoriées* sous le terme de coupe rase sont, dans le cadre de l'expertise, la coupe définitive qui termine le cycle des coupes progressives de régénération naturelle, les coupes de taillis (taillis simple, taillis sous futaie), les coupes jardinées, les coupes sanitaires (mais l'ampleur de la régularisation peut beaucoup varier) et les coupes sans objectif de régénération (cloisonnement d'exploitation, places de dépôts...). À noter (cf. plus loin) que dans les approches d'inventaire au sol et par télédétection, les coupes rases ne sont pas dissociées des autres coupes occasionnant des pertes de couvert supérieures à 90 % telles les coupes de taillis et une partie des coupes définitives.
- Ce type de classification permet de réduire la confusion autour de la notion de « coupe rase » au sein de la communauté des acteurs techniques, mais ne convainc pas toujours le grand public, pour lequel toute modification brutale d'un décor forestier est couramment assimilé à une coupe rase.

### Suivi et évaluation des coupes rases

#### La réalité de la coupe rase sur le terrain en France métropolitaine

- Un travail spécifique sur les **années 1980** mené par l'**inventaire forestier** national avait conduit à quantifier à 104 300 ha la surface qui, annuellement, connaissait un changement fort de leur aspect visuel dont 35 % (36 800 ha) de coupes définitives qui terminent le cycle de coupes progressives de régénération naturelle en futaie régulière, 30 % (31 100 ha) de coupes rases, et 4 % (4 200 ha) de diverses autres coupes, auxquelles s'ajoutaient 17 % (17 300 ha) de coupes « fortes » (enlevant entre 50 et 90 % du couvert) et 14 % (14 900 ha) de défrichements (Barthod *et al.*, 1999). La surface unitaire moyenne des coupes rases était alors de 4,4 ha.
- Depuis 2005, l'inventaire forestier national note sur chacune de ses **placettes** d'inventaire (environ 6 000 placettes de 0,2 ha chaque année), la présence de coupes de moins de cinq ans et la part du couvert initial de l'étage dominant qu'elles représentent. Une **définition objective** et un protocole précis sont utilisés par les opérateurs terrain sans chercher à déterminer la gestion sylvicole associée.
- L'analyse de ces données montre que le **niveau des coupes « rases et fortes »** (disparition de 50 % de couvert de l'étage dominant au moins) se situe pour la période récente (2011-2020) à un niveau comparable (93 000 ha/an +/- 7 000 ha/an) à celui enregistré lors des années 1980. Les **coupes de plus de 90 % du couvert de l'étage dominant** (correspondant à des coupes rases, à une partie des coupes définitives et à diverses autres coupes) s'élèvent à 67 000 ha/an +/- 6 000 ha/an.
- Les taux moyens de coupes de plus de 90 % du couvert de l'étage dominant pratiquées annuellement à l'échelle du territoire métropolitain (0,5 % de la surface forestière dans les années 1980, 0,4 % durant les années 2010) masquent de forts contrastes entre **régions**, selon que la sylviculture inclut la coupe rase comme modalité de régénération (2,1 % pour le massif landais durant les années 2010) ou est dominée par la régénération naturelle. Les taux bas peuvent en outre traduire le fait qu'aucune exploitation n'intervient parfois depuis de nombreuses années (Corse par exemple).
- Les **essences** les plus coupées dans les coupes de plus de 90 % du couvert de l'étage dominant sont le pin maritime, le châtaignier, l'épicéa commun et le peuplier cultivé. La part de ces coupes liée à des problèmes phytosanitaires n'est pas distinguée avec cette approche.
- Entre les années 1980 et 2010, la proportion de coupes de plus de 90 % du couvert de l'étage dominant en **forêt relevant du régime forestier** a nettement baissé par rapport à la forêt privée.

- Le suivi par l'ONF en forêt relevant du régime forestier confirme une hausse sensible des coupes en 2020 en lien avec les **problèmes sanitaires** (scolytes sur épicéa notamment). Le phénomène est de fait observé aussi en forêt privée.

### Les coupes rases sous l'œil des satellites

- L'offre en données satellitaires a explosé ces dix dernières années, grâce notamment à la mise en place de programmes d'acquisition et de mutualisation des données aux niveaux européens et français. Ainsi, le **programme Copernicus** piloté par l'Agence spatiale européenne (ESA) offre en **accès libre** l'ensemble des images acquises par les constellations Sentinel. En France, le **pôle Theia** et le **dispositif DINAMIS** distribuent gratuitement à l'ensemble des acteurs publics des images à très haute résolution spatiale issues de satellites commerciaux. L'ensemble de ces données constitue la matière pour la R&D et permettent d'envisager sérieusement la mise en place de méthodes opérationnelles pour le suivi des forêts françaises.
- Les données satellitaires sont très riches et variées en termes de capteurs (optique, radar, etc.). La résolution spatiale et la fréquence d'acquisition des images sont **adaptées à la surveillance des forêts dans le temps**. La recherche propose des méthodes plus ou moins automatisées pour délivrer une information utile aux décideurs. En revanche, une compétence experte, et des ressources conséquentes en calcul sont indispensables pour manipuler ces jeux de données volumineux.
- Les méthodes détectent des **pertes de couvert arboré** résultant de coupes rases mais aussi d'autres types de prélèvement sylvicole, de défrichements, de mortalités ou de perturbations dues à des maladies, des incendies, des événements climatiques, etc.
- L'apport de la télédétection au suivi des pertes de couvert arboré est présenté selon **3 produits, de l'échelle globale à l'échelle locale**. La base de données, dite « Hansen », conçue par l'université du Maryland (États-Unis) propose une cartographie mondiale des pertes de couvert arboré à 30 m de résolution, et ce depuis les années 2000. En France, l'UMR TETIS (INRAE) à la demande du MASA, a mis en place un service de **détection automatisé des pertes de couvert**. Les résultats, à 10 m de résolution spatiale, sont accessibles aux DRAAF et DDT(M) depuis 2018. Les estimations de **surface prélevée chaque année**, à peu près cohérentes entre ces deux bases de données, varient entre 70 000 et 85 000 Ha/an de 2017 à 2020, sans tendance marquée. Toutefois, les chiffres peuvent s'écarter aux échelles régionales et départementales
- À l'échelle locale, les travaux entrepris par la DRAAF Nouvelle-Aquitaine démontrent que les résultats de ces méthodes de télédétection doivent être améliorés, par photo-interprétation et croisement avec des données métiers, pour en faire de véritables produits de référence.
- Pour les années 2019 et 2020, l'IGN a croisé la **base de données INRAE** avec la **BD Forêt**, les propriétés relevant du régime forestier et les **placettes d'inventaire forestier**. Près de 90 % des pertes de couvert arboré se produisent en **forêts privées** (3,8 % dans les **forêts domaniales** et 5,8 % dans les **autres forêts publiques**). Les prélèvements, tous types de propriété confondus, présentent des disparités importantes entre régions avec en tête de palmarès la Nouvelle-Aquitaine. La majorité (69 %) des **prélèvements d'un seul tenant** fait moins de 4 ha, plus d'un quart occupe des surfaces comprises entre 4 Ha et 25 ha et moins de 5 % des coupes ont une surface supérieure à 25 ha. Enfin, les peuplements les plus coupés sont en premier lieu ceux de pin maritime pur, suivi des mélanges de feuillus et ceux de sapin ou d'épicéa pur. Pour ce dernier, les chiffres reflètent la récente crise sanitaire due aux scolytes et les coupes sanitaires qui ont suivi.
- Les produits et méthodes reposent principalement sur l'utilisation de l'imagerie satellitaire optique. Or ce type de donnée étant très sensible à la présence de nuages qui « masquent » l'information au sol, des équipes de recherche, comme le Cesbio (projet TropiSCO) en France, évaluent le potentiel de l'**imagerie Radar**, peu impacté par les conditions météorologiques.

### Vers un système opérationnel de suivi régulier des coupes rases et fortes ?

- Préalablement à toute modification des dispositifs de suivi existants, il convient de bien identifier les **utilisateurs** (État, filière forêt-bois, citoyens, etc.), les usages (réglementation, gestion sylvicole, suivi global, etc.) et la nature des besoins (format de la donnée, types de coupes, surfaces vs volumes, fréquence de mise à jour, etc.).
- Il est proposé de développer une **méthode statistique** qui s'appuierait simultanément sur les dispositifs basés sur des **données de terrain** (IGN en premier lieu voire également ONF) et ceux s'appuyant sur la **télé-détection** (cartographie INRAE) car leurs atouts respectifs sont complémentaires. La recherche méthodologique doit aussi se poursuivre afin de tirer profit des avancées technologiques permanentes (exemple : utilisation des images satellitaires radar comme dans le projet TropiSCO).
- Enfin, la diffusion des résultats doit être améliorée et amplifiée. Ceci nécessite une réflexion préalable sur les modalités d'accès à l'information et l'accompagnement de tous les utilisateurs, et sur la mise en place d'un **dispositif de « porter à connaissance »** pour faciliter l'interprétation et l'appropriation des données produites.

### Situation actuelle des systèmes d'alerte globaux par télé-détection satellitaire

- Un **système d'Alerte Forestière** correspond à un dispositif basé sur la télé-détection satellitaire qui permet de compléter les observations annuelles ou pluriannuelles par une surveillance plus fréquente des forêts.
- Une revue de la littérature scientifique montre qu'il existe plusieurs exemples de dispositifs nationaux en dehors de l'Europe, notamment en Amérique du Sud dans le bassin amazonien. Elle ne mentionne toutefois pas d'exemples de systèmes d'alerte opérationnels au niveau national pour les États européens.
- En France, le service de détection proposé par INRAE est opérationnel mais reste un **outil de pré-diagnostic** pour les agents des DRAAF et DDT chargés des contrôles sur le terrain.

### Effets des coupes rases sur le milieu physique

- Toute coupe d'arbres modifie le milieu physique d'une parcelle, c'est-à-dire son microclimat ainsi que la structure, le carbone et les nutriments du sol, mais aussi les débits et qualité chimique des cours d'eau adjacents. La grande majorité des études s'intéressant à l'impact des coupes d'arbres sur le milieu physique rapportent les effets par rapport à une zone non coupée, dans les quelques années après la coupe ; les études sur les coupes rases n'échappent pas à cette règle. Néanmoins, plusieurs études sur les coupes rases permettent d'appréhender les effets sur plusieurs décennies après la coupe, sous changement climatique ou selon le mode opératoire (gestion des rémanents et de la végétation spontanée, travail du sol, etc.). Au moins en ce qui concerne certains aspects du milieu physique (notamment le microclimat, ou le carbone et les nutriments du sol), plusieurs études permettent aussi de comparer la coupe rase à d'autres types de coupes (par trouée ou éclaircissement) et aussi plusieurs coupes rases de différentes tailles et géométries.
- La coupe rase influence le microclimat proche du sol : elle augmente non seulement le rayonnement solaire pendant la journée, mais aussi les pertes radiatives pendant la nuit et la vitesse de vent, ce qui accroît les **amplitudes journalières et saisonnières de température** et réduit l'humidité de l'air. L'eau dans le sol augmente, sauf à **la surface** qui s'assèche plus rapidement. Ces effets sont perceptibles aussi dans les zones non coupées, jusqu'à 100 m de la **lisière** pour la température ou l'humidité de l'air, ainsi que dans les trouées (< 0,25 ha), mais alors plutôt sur les valeurs extrêmes, et peuvent perdurer plusieurs années après la coupe. Des études suggèrent que ces effets seront amplifiés avec le réchauffement climatique.

- Lorsque la taille d'une trouée est supérieure à 2 à 3 fois la hauteur de l'arbre (0,25 ha pour des arbres de 20 m), les **risques de chablis des peuplements voisins** lors des tempêtes augmentent considérablement, surtout si la quantité de lisières nouvellement créées par rapport à la surface boisée est grande et loin de lisières stables (route, ligne électrique, etc.). Les coupes de très grandes tailles (> 10 000 ha) liées, dans le contexte métropolitain, surtout à des aléas climatiques majeurs (tempêtes majeures, incendies, etc.) peuvent également modifier le climat régional.
- Dans les 3 à 5 ans après la coupe, on observe une réduction de l'évapotranspiration (de 14 à 80 %) et de l'interception (jusqu'à 100 %), avec des effets généralement plus marqués en zones tempérées que boréales. Cette réduction de **l'évapotranspiration et de l'interception** induit une augmentation de **l'eau dans le sol** (de 18 à 66 %), une plus forte accumulation de la neige en fin d'hiver et une **remontée de la nappe** (de 14 à 50 cm). Les opérations forestières mécanisées qui accompagnent la coupe rase diminuent aussi fortement la macroporosité et la conductivité hydraulique des sols, surtout si la coupe rase est conduite sur sols humides. Ceci induit une diminution des capacités d'infiltration dans le sol qui, combinée à la réduction de l'évapotranspiration et de l'interception, conduit à une augmentation du **ruissellement** et, à l'échelle d'un bassin versant, du débit à l'exutoire (de 30 à 100 % selon le climat, la fraction du bassin versant qui a subi une coupe rase, etc.). Ces modifications du débit peuvent perdurer plusieurs décennies
- L'augmentation du ruissellement de surface suite aux coupes rases induit aussi des risques accrus d'**érosion des sols**. Dans ces situations, les taux d'érosion sont au-delà des valeurs garantissant une durabilité des sols pendant plusieurs années après la coupe et augmentent avec la surface coupée. Le **transport de sédiments** augmente alors aussi, dans des proportions parfois considérables (+ 700 %).
- La coupe rase se traduit par une exportation d'éléments nutritifs contenus dans la biomasse récoltée, mais aussi, dans les cinq premières années qui suivent la coupe, par une augmentation des nitrates et cations majeurs (Ca, Mg, K, Al) dans les solutions de sol et les cours d'eau, induisant une baisse des stocks d'azote total et de cations nutritifs et donc une perte de **fertilité chimique du sol**, et une possible dégradation de la qualité chimique des cours d'eau (toxicité de l'aluminium).
- La coupe rase peut se traduire également par une **perte de carbone** du sol qui décroît avec la profondeur. Les pertes dans les horizons de surface correspondent en moyenne à environ 5-7 % du stock total du sol en carbone organique, et varient fortement d'un site à l'autre. La perte de carbone est plus importante lors de récoltes d'arbres entiers et de souches, mais augmente aussi dans les **textures fines** (argileuses), sous climat chaud et humide (tropical) et en cas de **préparation du sol avant plantation** (- 21 % du carbone en moyenne dans la couche superficielle avec préparation, contre - 9 % sans). La reconstitution du stock du C du sol après renouvellement peut prendre plusieurs décennies.
- L'intégrité physique du sol est impactée presque systématiquement négativement en lien avec la circulation des **engins de travaux sylvicoles qui tassent les sols dès leurs premiers passages**. La surface circulée pendant une coupe rase atteint jusqu'à 80 % lorsque les voies de circulation ne sont pas bien respectées. Le tassement est **un frein à l'enracinement** et induit une diminution de **l'aération du sol en surface** et à son **engorgement temporaire** (en plaine notamment), ce qui impacte l'activité biologique des racines et d'une grande partie des organismes vivant dans le sol, pouvant mener à l'échec des futures plantations.
- En résumé, les **effets de la coupe rase** sont globalement bien documentés, y compris à nos latitudes (deux-tiers des études concernaient les régions tempérées). Ces effets sont très variables d'un site à l'autre mais généralement négatifs en ce qui concerne les risques de chablis et d'érosion, le tassement et les pertes de carbone et d'éléments minéraux du sol, et peuvent durer plusieurs années après la coupe (typiquement 5 ans mais parfois davantage). Par ailleurs, les effets

augmentent avec la **taille de la coupe**, sans **effet de seuil** proprement dit (ou alors très faible, nettement moins d'un hectare). Par rapport aux grandes coupes, les coupes de petites tailles permettent également de minimiser les températures gélives et le stress hydrique et thermique des semis et jeunes arbres ; ainsi, même pour des essences réputées « de lumière », certaines études ont mis en évidence l'existence d'un optimum de taille de coupes pour la survie et la croissance des juvéniles, qui optimise leurs besoins en lumière, mais aussi en eau et nutriments. La valeur de cet optimum varie selon l'essence, la compétition herbacée, la pression herbivore et l'âge, mais reste également faible.

- En termes de perspectives de recherche et de développement, cette expertise a mis en évidence le caractère multicritère de l'impact d'une coupe rase sur le milieu physique. Si cet impact va généralement toujours dans le même sens, son amplitude sur chaque critère varie énormément d'une situation à l'autre, et les recommandations à donner vont aussi dépendre des priorités et objectifs à atteindre. Compte tenu de cette complexité des réponses, il serait opportun de développer des outils d'**analyse multicritères**, ou de **cartographie** fine à l'échelle du paysage, permettant d'évaluer le degré de vulnérabilité des parcelles à la coupe rase ou à sa mise en œuvre mécanisée. Le développement de tels outils nécessiterait l'implication des acteurs de la recherche et de la RDI en gestion forestière (ONF, CNPF, FCBA, etc.).
- D'un point de vue pratique et plus immédiat, cette expertise montre que les coupes rases devraient être évitées là où la **minimisation des risques** d'érosion et de tassement du sol, d'inondation ou de chablis est un objectif important ; les coupes rases devraient ainsi être évitées proche des cours d'eau (à des distances de moins de 30 m), sur des sols à texture fine ou des terrains en pente. Ailleurs, les effets négatifs d'une coupe rase peuvent être minimisés en laissant sur place des rémanents (le feuillage impérativement, mais également une partie des branches et des souches), en effectuant le débardage des grumes dans les règles (sur sol sec, en respectant les voies de circulation, avec des engins adaptés au type de sol, etc.), et en limitant la surface individuelle de coupes et le travail du sol. Des guides très complets existent déjà pour aider les gestionnaires à mettre en pratique concrètement ces leviers d'atténuation des impacts de la coupe rase, selon diverses situations.

## Coupes rases, renouvellement et biodiversité

### Impact des coupes rases et autres coupes de régénération sur la biodiversité

À l'échelle du peuplement

- En **traitement régulier** (coupes et coupes progressives de régénération) : après un enrichissement en espèces de milieux ouverts durant la première décennie, la richesse locale en espèces, tous taxons confondus, diminue au-delà de 50 ans par rapport aux témoins. L'appauvrissement est particulièrement fort pour les espèces forestières spécialistes de peuplements adultes/fermés. Par rapport aux coupes rases, les coupes progressives tendent à avoir plus d'espèces, mais c'est une tendance faible et non significative, qui ne suffit pas à éviter ces effets négatifs.
- En **traitement irrégulier** (coupes jardinées), les peuplements ne diffèrent pas statistiquement des témoins.

À l'échelle du paysage

- Toutes surfaces de coupes confondues (1-70 ha) et tous groupes écologiques confondus, les coupes rases ont un **effet** négatif sur les oiseaux et les bryophytes, et non significatif sur les plantes vasculaires, lichens, champignons, arachnides et insectes. Lorsque la surface de coupes rases augmente, les effets négatifs augmentent (Oiseaux) et les effets positifs diminuent (Plantes). Mais on manque de données et d'études dédiées pour indiquer d'éventuels **seuils**.
- L'**effet lisière** étend l'effet de la coupe rase au-delà de son emprise, sur quelques mètres et jusqu'à 200 m selon les taxons et les contextes : les espèces forestières sont repoussées vers l'intérieur

forestier tandis que les espèces non forestières peuvent pénétrer vers l'intérieur forestier, au moins à court terme. L'effet lisière s'exprime aussi dans l'autre sens, par recolonisation des espèces forestières dans la coupe.

- Les coupes rases à **proximité des forêts riveraines** ont des impacts négatifs sur la biodiversité (aquatique et forestière) associée à ces milieux.
- Le **mode de répartition spatiale des coupes rases** dans le paysage qui serait le moins défavorable à la biodiversité forestière (nombreuses petites taches versus quelques grandes) n'est pas documenté.
- Les coupes rases peuvent constituer des habitats de substitution pour les **espèces des milieux ouverts et agricoles**.
- Focus **biodiversité du sol** : les effets des coupes rases dépendent fortement des taxons : à court terme, on observe une modification des communautés de champignons et une diminution de la biomasse microbienne et du ratio champignons/bactéries. La coupe rase a des effets nets sur la composition de la macrofaune, moins forts sur la mésofaune. La colonisation racinaire par les ectomycorhizes est facilitée par la proximité de lisières forestières et la conservation de recrues ligneux.
- Focus **ongulés sauvages** : en mettant à disposition des ressources alimentaires abondantes et appétantes, les coupes rases peuvent entraîner l'augmentation des populations d'ongulés herbivores et modifier leur répartition spatiale, avec des conséquences sur la diversité floristique via les mécanismes d'herbivorie et de zoochorie.

#### **Impact des coupes rases en fonction des modalités d'exploitation**

- Le maintien des **rémanents** a des effets variables à court et moyen terme selon les stations et les taxons, mais généralement positifs (richesse des végétaux, des saproxyliques, des champignons et lichens, croissance ligneuse). Il évite la propagation d'espèces envahissantes ou généralistes de faune et de flore.
- L'**andainage** mécanisé des rémanents ou des souches appauvrit les communautés floristiques et les modifie (plus d'espèces non natives ou envahissantes). Les andains favorisent l'abondance de petits mammifères et de leurs prédateurs mustélinés.
- Le **dessouchage** a des effets négatifs, plus forts que ceux de la récolte de menus bois, notamment sur les saproxyliques.
- La **réretention** volontaire d'**arbres-habitats** (au moins 10 à 15 %, épars ou en îlots) permet d'héberger à court et moyen terme des communautés plus riches, mais ne suffit pas à préserver à long terme (> 50 ans) la richesse en espèces forestières spécialistes de peuplements fermés. L'effet positif de la rétention augmente avec la proportion d'arbres de rétention dans la coupe rase.

#### **Impact des itinéraires post-coupe rase (préparation mécanisée du sol, plantation versus régénération)**

À l'échelle du peuplement

- La **préparation mécanisée du sol** avant plantation favorise les ligneux et diminue à court terme la richesse floristique. Elle diminue la richesse en ectomycorhizes, l'abondance des principaux taxons de faune du sol (de façon durable pour certains) et des communautés microbiennes et fongiques. La modification du ratio ectomycorhizien / saprotrophes peut perturber à court terme la dégradation de la matière organique).
- Les **plantations** entraînent en général des diminutions de biodiversité, ou au moins des modifications de composition, aux dépens notamment des espèces autochtones. Ces effets négatifs peuvent s'atténuer avec le temps, mais pas toujours.
- Le choix d'**essences natives** plutôt qu'**exotiques**, et de plantations mélangées plutôt que pures, permet d'atténuer les effets négatifs des plantations, sans les annuler toutefois.

À l'échelle du paysage

- L'introduction d'une **essence exotique** peut favoriser la richesse au niveau du paysage en apportant des espèces nouvelles pour la région. Mais cet effet est limité car (i) les espèces associées à une essence exotique sont plus généralistes que celles associées à une essence autochtone, (ii)

l'introduction d'une essence exotique peut amener d'autres espèces exotiques associées (y compris pathogènes) et (iii) altérer la diversité génétique des essences autochtones génétiquement proches.

### Besoins et perspectives de recherche

- À l'échelle locale, installer des **suivis** ou des **études observationnelles** ou des **expérimentations dédiées**, permettant d'évaluer, pour plusieurs groupes taxinomiques, à court, moyen et long terme : (i) les effets des coupes rases et des coupes progressives sur la biodiversité, y compris via le comportement alimentaire des ongulés sauvages, (ii) les effets de la rétention, du maintien des menus bois et des souches dans le contexte des forêts tempérées françaises, non seulement dans le cas des coupes rases mais aussi dans celui des coupes progressives de régénération et des coupes de jardinage *sensu lato*, (iii) l'effet de la plantation par rapport à la régénération naturelle après coupe de régénération, que ce soit en traitement régulier ou irrégulier (plantations en trouées), (iv) l'effet d'un large gradient de tailles de coupes rases.
- À l'échelle paysagère, concevoir des études pour évaluer l'effet de la quantité et de l'agencement spatial des coupes rases dans le paysage sur la biodiversité de plusieurs groupes taxinomiques, et pour évaluer la contribution des coupes rases à la diversité gamma. Y ajouter la comparaison avec d'autres types de coupes et avec les traitements irréguliers.
- Centraliser les données sur le lien entre essence et diversité associée, et compléter par des études sur ce lien, pour documenter les effets de la plantation avec changement d'essence.

### Pistes d'amélioration à explorer

- Les pistes énoncées ci-après sont établies uniquement sur la base de la littérature scientifique, dominée par des études en forêts boréales ou en forêts tempérées d'Amérique du Nord. Même si les mécanismes sur lesquels elles reposent sont probablement transposables aux forêts tempérées de France métropolitaine, ces pistes doivent être retravaillées en prenant en compte les résultats des autres volets de l'expertise (en cas de plantation, par exemple, **compromis** à trouver entre modes opératoires optimaux pour la réussite des plantations et atténuation des effets négatifs sur la biodiversité), leur efficacité dans notre contexte biogéographique, leur faisabilité, les coûts induits et leur prise en charge, etc.
- Un compromis est à trouver entre les effets négatifs sur les espèces forestières spécialistes, prioritaires car elles n'ont pas d'autre habitat de substitution que la forêt, et les effets positifs sur les espèces en déclin de milieux ouverts agricoles
- Il paraît pertinent de combiner des actions visant à préserver la biodiversité à l'échelle du paysage et des actions visant à la préserver à l'échelle de la parcelle. Sachant que les pratiques d'atténuation des impacts locaux ne suffisent pas pour conserver les espèces forestières spécialistes de peuplements adultes, les **pistes** qui méritent d'être évaluées sont :
  - **À l'échelle du paysage** : (i) la possibilité d'augmenter la proportion de futaies irrégulières, sans toutefois les généraliser : il s'agit de trouver un équilibre entre la part de futaies irrégulières (favorables à la biodiversité à l'échelle de la parcelle) et l'hétérogénéité entre types de peuplements à l'échelle du paysage (mosaïque de peuplements réguliers, irréguliers et en libre évolution), (ii) le renforcement du réseau de réserves en libre évolution pour le maintien de espèces forestières spécialistes, (iii) la limitation des coupes rases à proximité des zones de réserves, (iv) la préservation des bandes tampons sur des largeurs plus importantes que celles actuellement préconisées.
  - **À l'échelle de la parcelle** : les pratiques de rétention de supports de biodiversité (arbres-habitats, rémanents, recrûs ligneux), de préservation des sols, et de modalités de renouvellement (autant que possible, régénération naturelle plutôt que plantation, essence native plutôt qu'exotique et plantation mélangée plutôt que pure). Un certain nombre de recommandations sont déjà identifiées dans des guides de bonnes pratiques et les référentiels de certification.

## Analyse du renouvellement des peuplements forestiers en contexte de changement global (volet 2)

- L'ouverture du couvert forestier, qui peut résulter de **coupes planifiées** par le sylviculteur à des fins de récolte ou d'une **perturbation naturelle**, est nécessaire pour assurer le recrutement de jeunes arbres et donc le renouvellement du peuplement, qui est en outre la condition imposée par le Code forestier pour assurer la durabilité de la gestion des forêts.
- La pratique du renouvellement forestier va subir de profondes modifications du fait du changement climatique qui affectent le fonctionnement des forêts et des attentes sociétales qui font évoluer les objectifs assignés aux forêts. Le volet 2 de l'expertise vise à analyser les **difficultés rencontrées dans le renouvellement des peuplements** à l'heure actuelle et dans le futur et des **pistes envisagées pour lever ces difficultés**, en combinant données d'enquêtes et littérature scientifique et technique.

### Approvisionnement et fourniture en graines et plants forestiers

- La **surface renouvelée par plantation**, selon les estimations en forêt réalisées par l'IFN, est de l'ordre de 45 000 ha par an pour la période 2015-2020. Une hausse éventuelle liée à la mise en œuvre du plan de relance et plan France 2020 n'est pas encore perceptible. L'identité des essences plantées est estimée via les volumes de ventes annuelles de plants depuis 1992 : on observe une forte dominance historique des résineux, et une légère hausse des feuillus les toutes dernières années. La moitié des plants vendus pendant la période 2000-2020 étaient du pin maritime ; douglas, chêne sessile et pin maritime représentaient 70 % des plants vendus. Néanmoins, le devenir des plants vendus n'est pas connu faute d'un système de traçabilité des plants de la pépinière jusqu'à la plantation. À l'inverse de la plantation, nous ne disposons pas d'estimation des **surfaces renouvelées par régénération naturelle** en France, ni de ventilation des surfaces renouvelées entre essences. La mise en place d'un système pérenne de suivi de la régénération naturelle est attendue pour disposer de ces informations (un système est en cours de développement à l'IGN).

### Facteurs de réussite des renouvellements forestiers

- Le niveau de réussite des régénérations naturelles en France est mal connu. Une enquête menée auprès des gestionnaires forestiers a montré qu'entre 1/3 et 1/2 des gestionnaires ne sont pas satisfaits de la **qualité de la régénération naturelle** obtenue, appréciée selon la densité des tiges, la composition spécifique et le couvert ligneux. Des études menées récemment dans quelques grands contextes forestiers considérés comme problématiques (sapinière-pessière-hêtraie de montagne, chênaie hydromorphe de plaine, pinèdes de la forêt dunaire aquitaine, chênaie méditerranéenne) ont montré des niveaux faibles de régénération naturelles, qui ne permettent pas d'assurer un recrutement satisfaisant des tiges.
- Différentes études ont analysé les **impacts du changement climatique sur les régénérations naturelles** en forêt tempérée. La fécondité (qui réunit les phases de floraison, pollinisation, et fructification) répond aux changements climatiques de façon très différente selon les espèces. En moyenne, elle est favorisée par des températures plus élevées que les températures actuelles. Néanmoins, la variabilité de la production annuelle de graines devrait augmenter. À l'inverse, le recrutement (phases de germination, établissement et développement des semis) est défavorisé par des températures plus élevées et des bilans hydriques plus faibles. À l'avenir, le recrutement devrait donc s'avérer plus limitant que la fécondité dans de nombreux écosystème forestiers tempérés. Dans les conditions climatiques futures, le **maintien d'un couvert végétal au-dessus et/ou autour des semis** pourrait favoriser le recrutement, étant donné que l'effet abri dispensé par le couvert sur les semis pourrait devenir prépondérant par rapport aux effets compétitifs du couvert, à l'inverse de ce qui était observé jusqu'à présent en forêt tempérée. Les gestionnaires

forestiers devront saisir les opportunités de régénération lors des bonnes années de fructification en déclenchant des coupes de régénération et en maintenant des semenciers dans les parcelles tant qu'un capital de régénération (nombre de semis considérés comme acquis) suffisant n'est pas présent. Le maintien d'un couvert adulte au-dessus de la régénération pourra également favoriser l'installation et le développement des semis dans les conditions plus chaudes et plus sèches.

- L'enquête annuelle du Département de la santé des forêts sur la **réussite des plantations** indique qu'en moyenne, sur la période 2007-2020, 12 % des plants sont morts durant leur 1<sup>e</sup> année et que 18 % de plantations sont considérées comme non réussies en fin de 1<sup>e</sup> année (le taux de survie dans la plantation est inférieur à 80 % et le reboiseur sera amené à effectuer des regarnis de plantation l'année suivante). Les taux de mortalité élevés sont observés principalement les années et dans les régions marquées par de fortes sécheresses et pour certaines essences ; les niveaux de survie les plus faibles sont notés pour le douglas et le chêne sessile, et les meilleurs pour le pin maritime. Le changement climatique devrait se traduire par une augmentation des difficultés d'installation et de la mortalité en fin de 1<sup>e</sup> année en lien avec les sécheresses estivales et les températures élevées. Une attention particulière portée à la chaîne logistique des plants entre la pépinière et la plantation (transport, stockage, habillage, mise en terre) permettrait d'améliorer la reprise des plants et de contrecarrer les conditions climatiques de plus en plus contraignantes. Tout comme pour la régénération naturelle, le maintien d'un abri adulte au-dessus des jeunes plants pourrait améliorer leur reprise et leur croissance initiale.

### Impact des pratiques de renouvellement sur les dégâts d'origine biotique

- Les **ravageurs** (insectes ravageurs, champignons pathogènes, micromammifères, ongulés) sont nombreux : plus de 400 ont été recensés. Néanmoins, seuls une quinzaine d'entre eux posent des problèmes à grande échelle. Nombre d'entre eux pourraient être favorisés par les changements climatiques mais, leur cycle biologique étant mal connu pour la majorité des ravageurs, il est difficile de pronostiquer leur impact futur. Les principaux besoins identifiés pour parvenir à lutter contre les bioagresseurs sont de mieux connaître leur cycle de vie et leur mode d'action, de développer des outils de détection précoce et de signalement, ainsi que des méthodes culturales permettant de réduire les dégâts causés. De surcroît, le déploiement de stratégies territoriales pour contrôler les populations d'ongulés et d'outils opérationnels permettant d'évaluer avec acuité l'intensité des impacts des ongulés sur les renouvellements sont attendus.

### Amélioration des pratiques de renouvellement en contexte de changement climatique

- Pour adapter les plantations aux changements climatiques et biotiques attendus, les **besoins en plants forestiers** seront en évolution rapide dans les années à venir. On observe notamment une forte augmentation de la demande en espèces méditerranéennes pour les reboisements. L'approvisionnement en plants pour certaines essences sont actuellement en tension, en raison de : (i) délais entre la récolte des graines et la fourniture des plants (3 à 5 ans) qui imposent une anticipation de plusieurs années de la demande des reboiseurs, (ii) déficits de surface de vergers à graines qui produisent les graines pour les pépinières, (iii) problèmes phytosanitaires et climatiques qui réduisent la production de graines commercialisées. L'installation de nouveaux vergers à graines, la conception d'itinéraires techniques innovants pour la conduite des vergers et des peuplements sélectionnés en forêt, qui soient adaptés aux conditions climatiques et sanitaires futures permettraient d'augmenter la capacité de production de plants. Une coordination plus étroite entre les acteurs de la filière graines-plants-forêt permettrait d'améliorer l'anticipation des besoins pour les différentes essences attendues. Par ailleurs, une meilleure connaissance des performances des « nouvelles essences » est nécessaire pour définir celles qui répondront le mieux aux contraintes futures et prioriser les efforts de création variétale vers ces essences.
- Dans les années à venir, les **perturbations** en forêt causées par les sécheresses, les incendies, les tempêtes, les pathogènes et ravageurs en partie exotiques, devraient être plus fortes et plus fréquentes et leurs conséquences (dégâts immédiats, dépérissements) devraient augmenter en

conséquence. Les perturbations ont des impacts majeurs sur le renouvellement : elles réduisent fortement le nombre de semenciers qui peuvent fournir des graines pour la régénération naturelle, changent de façon drastique les conditions (microclimatiques, pédologique, biotiques...) pour les jeunes arbres et posent des difficultés techniques spécifiques pour les interventions sylvicoles dans les parcelles (présence de chablis, arbres mort sur pied...). Le souhait de privilégier la **dynamique de renouvellement spontanée** pour reconstituer les peuplements est souvent exprimé ; néanmoins, celle-ci n'est pas toujours possible (notamment si trop peu de semenciers sont présents) ni toujours souhaitable (si on vise un changement d'essence pour réduire le risque de perturbation future). Sur cette thématique, les principaux fronts de sciences actuels sont : l'analyse spatio-temporelle du risque (cartographie des combustibles, indicateurs d'alerte précoce pour l'occurrence des feux extrêmes, sensibilité des peuplements aux vents), l'analyse de risques multiples et des risques en cascade (les différents types de perturbations étant souvent associés), l'élaboration de stratégies de prévention du risque, l'analyse de la dynamique post-perturbation (dans un gradient d'interventions depuis la plantation jusqu'à la libre évolution). Par ailleurs, l'installation d'observatoires post-perturbations et le maintien des observatoires existants sont des prérequis pour pouvoir étudier les perturbations et définir les modalités d'une gestion intégrée de ces perturbations.

- Au-delà des difficultés induites dans l'obtention des renouvellements, le **changement climatique** impose de surcroît de modifier le type de peuplement visé à la fin de la phase de renouvellement, pour obtenir des peuplements dont on suppose qu'ils seront mieux adaptés aux contraintes futures. Cette évolution passera par une **diversification** de (i) la composition des peuplements (2 à 3 essences suffisent généralement, choisies pour leur complémentarité et leur compatibilité et installées selon un agencement spatial pour maximiser les interactions positives), (ii) la structure horizontale et verticale des peuplements, en variant le schéma d'installation dans l'espace (renouvellement en plein, par point d'appui ou par bouquets) et dans le temps (irrégularisation des peuplements), (iii) la structure des massifs (installer des peuplements différant dans leur composition spécifique et/ ou leurs structures).

