

- l'absence de régénération acquise au moment de la coupe, et donc la quasi mise à nu du sol après la coupe : absence de rejets ou de semis ligneux, présence possible de végétation basse (ligneux, semi-ligneux, herbacées ou bryophytes) mais discontinue, en raison du décapage par la circulation des engins ou la traction des grumes ;
- la régénération consécutive, généralement artificielle, plus rarement naturelle.

Cette définition est proche de celles qu'une consultation de la littérature forestière récente a permis d'identifier :

« *Pratique sylvicole qui consiste à récolter en une seule fois un peuplement qui est régénéré artificiellement par semis ou plantation, ou naturellement à partir des semenciers des peuplements adjacents*¹⁸. » (Smith, 1986)

« *L'abattage de la quasi-totalité des arbres d'un peuplement, ayant pour effet de créer une zone ouverte disponible pour un reboisement*¹⁹. » (Nieuwenhuis, 2000)

« *Coupe unique portant sur la totalité du peuplement forestier et précédant généralement sa régénération artificielle.* » (Bastien et Gauberville, 2011)

On note que la régénération naturelle post coupe rase n'est mentionnée explicitement que par Smith et al. (1986) et que la notion de « sol nu » ne figure pas dans ces définitions.

Par ailleurs, même si, de façon générale, la coupe de régénération s'applique principalement à des peuplements traités en futaie, ces définitions n'écarteront pas explicitement les coupes de taillis. De fait, l'expression « *coupe rase de taillis* » dans le cas de peuplements traités en **taillis simple** est utilisée par Bastien et Gauberville (2011), sans qu'on puisse savoir si cela fait écho à la définition historique (voir plus haut) ou si l'utilisation de l'adjectif rase a ici un rôle purement descriptif sans valeur terminologique particulière. Le plus couramment, dans le cas des taillis, on parle plutôt de coupe de rajeunissement qui consiste en la « *Coupe unique de la totalité des tiges d'un taillis, au ras du sol, pour obtenir leur rajeunissement par voie végétative (rejets de souches)* » (« Question 2. Quelles sont les principales modalités de coupes de régénération, en forêts tempérées et boréales, et particulièrement en France métropolitaine ? »). En conclusion, il nous paraît plus simple et clair, du point de vue de la définition sylvicole, de définir la coupe rase comme une coupe de régénération (en vue de renouvellement par voie sexuée), et de ne pas intégrer les coupes de taillis dans les coupes rases. Cette option est indépendante du fait que les taillis constituent actuellement un enjeu fort en foresterie (du point de vue de la ressource en bois énergie plus particulièrement), élément de contexte qui explique probablement pourquoi certains acteurs souhaitent intégrer les coupes de taillis dans le périmètre des coupes rases.

1.3.3.3 Taille minimale des coupes rases du point de vue sylvicole

Aux trois paramètres clés de la coupe rase, il faut en ajouter un quatrième, à savoir la **surface minimale** d'une coupe qui sera qualifiée de rase, ceci implicitement par rapport aux risques environnementaux liés à une telle coupe, et en particulier à la notion de perte d'ambiance forestière : on comprend alors que la taille minimale entraînant une perte significative d'ambiance microclimatique forestière dépend de la hauteur des peuplements adjacents faisant ombrage, de la latitude, de la pente et de l'exposition du terrain (Keenan et Kimmins, 1993). On peut noter, en premier lieu, que cette surface n'a pas de rapport avec la taille des coupes communément effectuées dans un contexte géographique ou

¹⁸ "The removal of the entire stand in one cutting, with reproduction obtained artificially (by planting or seeding) or by natural seeding from adjacent stands or from trees cut in the clearing operation."

¹⁹ "Harvest felling of essentially all trees in a stand or crop, as a result of which a clearcut/clear fell (area) for reforestation is created."

socioéconomique donné. Ainsi, Keenan et Kimmins (*id.*) qualifient dans le contexte américain de « grandes coupes rases continues » les coupes de plus de 40 ha et de « coupes de petite taille » les coupes inférieures à 20 ha, tout en fixant la taille minimale d'une coupe rase à 0,25 ha. Dans le contexte français, les coupes sont de taille bien plus faibles (les coupes de plus de 25 ha représentent actuellement moins de 5 % de la surface faisant l'objet de coupe rase ; voir Volet 1, Thème 2, « Question 2. Quel est l'apport de l'imagerie satellitaire dans le suivi des coupes rases ? »), alors que la limite basse des coupes rases est généralement située à 0,5 ha, qui est, pour les sylviculteurs, la limite entre la futaie régulière par *parquets*²⁰ et la futaie irrégulière par *bouquets*²¹ (David Pothier, communication personnelle ; Bastien et Gauberville, 2011). La taille de ce qui est désigné sous le terme de *trouées* dans l'expression « régénération par trouées » varie entre 0,1 à 0,5 ha, notamment en fonction des besoins en lumière des essences concernées et de la hauteur des arbres du peuplement (le diamètre de la trouée correspondant à une à deux hauteurs d'arbre adulte) (David Pothier, communication personnelle, et « Question 2. Quelles sont les principales modalités de coupes de régénération, en forêts tempérées et boréales, et particulièrement en France métropolitaine ? »).

1.3.4 Définition de la coupe rase utilisée par l'inventaire forestier

L'inventoriste forestier procède à une description objective, quantitative, et fiable des prélèvements en forêt, ce qui ne signifie pas forcément, comme nous allons le voir, que la catégorisation des coupes qu'il propose est comparable ou compatible avec la catégorisation des coupes décrite plus haut.

1.3.4.1 Définition ancienne, sylvicole, par voie aérienne

Comme cela est exposé par ailleurs (voir Volet 1, Thème 2, « Question 1.1. Quels enseignements peut-on tirer des données de l'inventaire forestier national sur l'évolution récente des coupes rases et fortes ? ») l'approche de l'inventaire forestier a varié dans ce domaine. Ainsi, avant 2005, l'appréhension des coupes rases reposait sur un travail de **photointerprétation** très scrupuleux, mais exigeant en temps d'opérateur et dont la précision était inconnue : la classification en sept catégories de coupes « rases » et « fortes » (Barthod *et al.*, 1999) était proche de la classification sylvicole des coupes énoncées plus haut.

1.3.4.2 Définition actuelle, analytique, au sol

Depuis 2005, c'est un relevé de terrain par **examen des souches**, effectué par les agents de l'inventaire, qui décrit l'intensité des coupes : plus de 90 % du taux de couvert libre initial, recensable et vivant a disparu, 50-90 %, coupes de moindre importance, absence de coupes. Les coupes ayant fait disparaître plus de 90 % du taux de couvert sont classées dans la catégorie des « coupes fortes ». Cette catégorie est constituée de coupes rases, mais également de coupes définitives (la dernière coupe du cycle de coupes progressives de régénération, voir Volet 1, Thème 2, « Question 2. Quel est l'apport de l'imagerie satellitaire dans le suivi des coupes rases ? »), de coupes sanitaires et de coupes de taillis. Dès lors, il n'est pas possible de comparer les résultats correspondant à cette définition actuelle des coupes « rases et fortes » avec ceux correspondant à la définition des « coupes rases » selon l'ancienne méthode. Un tri de ces situations basé sur la description des peuplements et des arbres présents avant la coupe semble possible dans certaines limites (Wurpillot, communication personnelle), mais n'a pas encore été testé jusque-là.

²⁰ Unité de peuplement forestier présentant une certaine homogénéité, d'une surface supérieure à 0,5 ha au sein d'une parcelle et pouvant être cartographiée. Il peut constituer une unité de gestion.

²¹ Ensemble d'arbres présentant une certaine homogénéité, d'une surface inférieure à 0,5 ha au sein d'une parcelle, difficile à cartographier. Il n'a pas vocation à constituer une unité de gestion.

1.3.5 Définition de la coupe rase utilisée par la télédétection

Les images satellitaires permettent de détecter de manière de plus en plus fine des **baisses rapides et importantes du couvert arboré, qui se confirment dans les mois qui suivent** (voir Volet 1, Thème 2, « Question 2. Quel est l'apport de l'imagerie satellitaire dans le suivi des coupes rases ? »). Pour autant, il subsiste une grande difficulté à différencier, tout comme dans le cas de l'inventaire au sol, une coupe rase programmée d'une coupe sanitaire ou d'une coupe de taillis. Cette définition a donc les mêmes limites que celle de la coupe rase utilisée par l'inventaire forestier au sol. Un apport intéressant de la télédétection pourrait être de décrire très finement, avec des images de très haute résolution spatiale, les coupes de faibles tailles (0,5 ha, 0,25 ha, 0,05 ha, etc.) et ainsi de préciser, ce qui, dans le contexte sylvicole français, relève d'une **coupe rase de faible dimension** et de **trouées** de dimensions variables.

1.3.6 Définition de la coupe rase d'un point de vue écologique (composition et fonctionnement)

La question posée ici est de savoir si les connaissances actuelles de l'écologie fonctionnelle permettent de proposer des seuils pertinents pour les coupes rases.

1.3.6.1 Critères microclimatiques

Une façon de définir une coupe rase serait de considérer qu'elle n'offre pas l'*ambiance forestière* (nom couramment utilisé pour décrire les conditions microclimatiques proche du sol). En fait, la moindre **trouée** (dès 0,03-0,1 ha selon la taille des arbres adjacents) impacte de manière immédiate et plus ou moins pérenne le microclimat proche du sol (voir Volet 1, Thème 4, « Question 1. Quelle est l'incidence des coupes rases et d'autres types de coupes sur le microclimat forestier ? »), avec des conséquences positives ou non sur le renouvellement forestier. 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 cette taille optimale varie selon l'essence, la compétition herbacée, la pression herbivore et l'âge, mais reste généralement faible, **inférieur à 0,25 ha**.

L'impact de la coupe se manifeste sur le microclimat moyen, mais encore plus sur les extrêmes climatiques (sécheresses, gels, canicules, tempêtes), et ce d'autant plus que la taille de la coupe augmente (voir Volet 1, Thème 4, « Question 1. Quelle est l'incidence des coupes rases et d'autres types de coupes sur le microclimat forestier ? »). Ainsi, dans un contexte de **changement climatique** où de tels épisodes extrêmes sont amenés à croître en fréquence et intensité, il est probable que, d'un point de vue purement microclimatique, la taille optimale des coupes pour assurer la régénération soit amenée à diminuer significativement.

Les effets de la coupe rase sur le microclimat sont perceptibles aussi dans les zones non coupées, jusqu'à 100 m de la lisière (voir Volet 1, Thème 4, « Question 1. Quelle est l'incidence des coupes rases et d'autres types de coupes sur le microclimat forestier ? »), de sorte que des notions de **contiguïté** et **continuité entre coupes** sont aussi importantes à prendre en compte. Notamment, les risques de chablis lors des tempêtes peuvent augmenter considérablement au-delà d'une certaine taille de coupe (> 0,25 ha) et selon leur arrangement dans le paysage, 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.)

1.3.6.2 Critères biogéochimiques

Les études principalement nord-américaines sur le cycle des éléments minéraux suggèrent que des **trouées** de taille très faible, de l'ordre de 0,05 ha, ont une incidence sur le cycle de l'azote et entraînent

notamment une augmentation significative des concentrations en **nitrate** dans les sols, en comparaison aux coupes progressives enlevant des arbres individuels (voir Volet 1, Thème 4, « Question 4. Quelle est l'incidence des coupes rases sur la fertilité chimique des sols et la qualité chimique des eaux de surface ? »). L'incidence sur d'autres éléments majeurs n'est pas documentée dans ces études, mais nous pouvons également suspecter une incidence sur les cycles des cations majeurs (Al, H, Ca, Mg, K), le nitrate chargé négativement devant être obligatoirement accompagné d'un cation chargé positivement pour respecter le principe d'électro-neutralité (charge électrique nulle). En l'état actuel des connaissances, il est cependant difficile de statuer sur un seuil de surface précis de la coupe rase n'entraînant pas de perturbation notable des cycles biogéochimiques.

S'agissant du **carbone**, les études disponibles se sont très peu intéressées à la taille de la coupe rase. Il n'est donc pas possible de conclure sur ce point. Par ailleurs, pour des raisons méthodologiques, peu d'études ont continué à monitorer les flux de carbone (CO₂ ; carbone organique dissous) suite à une coupe-rase. Ainsi, la plupart des études sur le carbone s'intéressent plus aux modifications de stocks après plusieurs années qu'aux flux instantanés. Or, une coupe rase peut entraîner une élévation temporaire des flux (de pertes) sans qu'une différence statistiquement significative ne soit observable au niveau des stocks. Il est donc normal que l'étude des fuites de nutriments puissent fournir, sous certaines hypothèses, un critère biogéochimique, à la différence du carbone.

1.3.6.3 Critères d'écologie des communautés

En ouvrant des trouées dans le couvert forestier adulte, les coupes de renouvellement agissent comme une **perturbation** qui provoque un retour en arrière dans le processus de succession écologique : elles initient une **succession** dite **secondaire** (par rapport au processus de succession naturelle primaire, à partir d'un sol nu minéral).

Comme nous l'avons vu dans la partie sur les définitions sylvicoles, la succession végétale et la fermeture progressive du peuplement post coupe sont plus ou moins rapides, et l'ambiance forestière plus ou moins préservée, en fonction du régime (taillis ou futaie) et de la taille des trouées de renouvellement. Plus la trouée est vaste ou plus le sol est mis à nu, plus le retour en arrière dans la succession des espèces forestières est prononcé.

Par ailleurs, les coupes de renouvellement en général et les coupes rases en particulier sont des perturbations différentes des perturbations naturelles, ne serait-ce que par le fait qu'elles exportent la biomasse et sont mécanisées. De ce fait, elles impactent la **quantité** et la **qualité d'habitats** importants pour la biodiversité forestière, comme le sol, le bois mort, les gros et vieux arbres ou les dendromicrohabitats.

Au-delà des impacts à l'échelle du peuplement, la nature, la surface unitaire (trouées de quelques arbres en coupes irrégulières, ou ouvertures plus vastes, de 0,5 à plusieurs hectares en futaie régulière), mais aussi la quantité et la distribution spatiale (disjointe ou contigüe) et temporelle des coupes de renouvellement **à l'échelle du paysage** ont des effets sur le degré de fragmentation des peuplements forestiers fermés ; ces modifications du couvert arboré modifient la disponibilité des habitats d'espèces à l'échelle du paysage, et sont globalement favorables aux espèces non forestières et plus ou moins défavorables aux espèces forestières spécialistes de peuplements adultes.

C'est pour l'ensemble de ces raisons que, dans le cadre du Volet 1, « Thème 4. Effets du système coupes rases-renouvellement sur le microclimat, le régime hydrique et les caractéristiques physiques et chimiques des sols » et « Thème 5. Effets du système coupes rases-renouvellement sur la biodiversité », nous avons :

- 1) comparé les effets des coupes rases à ceux de trois autres types de coupes de renouvellement, qui ont potentiellement des effets différents sur la succession écologique post-coupe (à savoir

les coupes progressives de régénération en futaie régulière, les coupes de taillis simple et les coupes irrégulières) ;

- 2) évalué les effets, autant que possible, au fil du processus de succession, à court, moyen et long terme, d'une part, et aux deux échelles, celle du peuplement et celle du paysage, d'autre part ;
- 3) évalué les effets en fonction des exigences écologiques des différents groupes d'espèces présentes en forêt, en distinguant notamment les espèces de milieux ouverts, les espèces périforestières et les espèces forestières spécialistes de peuplements adultes (voir Volet 1, Thème 5, « Question 1.1. Quels sont les impacts des différentes catégories de coupes de régénération forestière sur la biodiversité (échelle peuplement) ? ») ;
- 4) évalué les effets non seulement de la coupe de renouvellement considérée seule, mais aussi en fonction des pratiques d'exploitation (mode de gestion des rémanents, rétention de structures biologiques favorables à la biodiversité (bois mort, arbres-habitats), mécanisation et perturbations du sol) et du type de renouvellement après coupe (régénération naturelle ou plantation, plantation avec ou sans préparation mécanisée du site, plantation pure ou mélangée, d'essences autochtones ou exotiques).

1.3.7 Définition (dimension) juridique de la coupe rase

Si l'analyse de l'encadrement des coupes dans le contexte français indique qu'il n'existe pas actuellement de définition juridique de la coupe rase (Voir Volet 1, Thème 6, « Question 1. Quelle est la situation actuelle en France en matière d'encadrement réglementaire des coupes rases et des obligations de reconstitution dans les forêts publiques et privées, et quelles sont les pistes d'évolution envisagées ? »), les juristes, mais également les ONG environnementales ou le public pourraient ne pas considérer comme satisfaisante la définition sylvicole proposée plus haut. En particulier, ils pourraient faire valoir qu'il serait légitime de se situer plus clairement, au-delà de la dimension sylvicole (les objectifs poursuivis et les opérations qui en découlent) dans une **logique d'« impact »** (les effets positifs et négatifs au regard des problèmes identifiés dans l'expertise (voir Volet 1, « Thème 4. Effets du système coupes rases-renouvellement sur le microclimat, le régime hydrique et les caractéristiques physiques et chimiques des sols » et « Thème 5. Effets du système coupes rases-renouvellement sur la biodiversité »). L'enjeu est alors de déterminer si ces impacts sont notables, et nécessitent ou non des mesures d'évitement, de réduction d'impact ou de compensation. Le critère de **surface** de l'opération unitaire n'est certainement pas le seul à prendre en compte. La question des **effets cumulés de plusieurs coupes rases**, proches spatialement et temporellement, serait par ailleurs à analyser.

Dans les espaces protégés et plus particulièrement dans les sites Natura 2000, l'approche technique, qui consiste à regarder le problème uniquement par sa dimension sylvicole, a conduit les services de l'État (DDT et DREAL) à ne quasiment jamais saisir l'option de la soumission d'une **évaluation des incidences** du fait de la « clause filet²² » découlant de l'article L. 414-4 IV bis du Code de l'environnement²³.

Il ne peut plus être exclu qu'un **contentieux** sur les impacts d'une coupe rase puisse conduire à une décision juridique systémique par le Conseil d'État et/ou la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE). Le contentieux en cours relatif à l'encadrement par l'État des coupes rases, introduit devant le Conseil d'État par le PNR du Morvan et FNE, ainsi que le potentiel encore indéterminé de l'arrêt de la

²² La clause dite de sauvegarde (code l'environnement – art. L.414-4 IV bis) permet à l'autorité administrative de soumettre à évaluation des incidences tout plan, projet ou manifestation qui ne figurerait pas sur la liste nationale ou les listes locales mais qui serait tout de même susceptible de porter atteinte aux objectifs de conservation d'un ou plusieurs sites Natura 2000. Le recours à cette disposition filet revêt un caractère exceptionnel.

²³ Consultable ici : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000033034469/

CJUE sur les coupes rases sanitaires en forêt de Bielowiecza invitent à une réflexion et une concertation actives, au-delà de l'approche technico-scientifique qui a prévalu dans la présente expertise collective.

Certes, indépendamment des possibles conséquences qu'il serait obligatoire de tirer d'un éventuel arrêt du Conseil d'État ou de la CJUE, il n'est pas évident, dans le contexte actuel, de concevoir une **passerelle entre la définition sylvicole et le traitement juridique et social** de la controverse sur les coupes rases tel que ce dernier se présente actuellement. À tout le moins, il serait sans doute utile que les deux ministères concernés, en lien avec les parties prenantes, s'appuient sur la présente expertise collective pour mener une analyse prospective dans ce domaine.

1.4 Conclusions et perspectives

La **classification des coupes forestières** proposée distingue les coupes en fonction de trois caractéristiques essentielles, outre le caractère intentionnel ou subi :

- 1) la disparition plus ou moins rapide des grands arbres ;
- 2) les étapes et le caractère naturel ou non du processus de régénération ;
- 3) et le passage prolongé ou non par un stade de sol nu.

Cette grille de lecture débouche sur une **définition sylvicole** de la coupe rase proche des définitions actuellement les plus utilisées, à savoir « *une coupe qui retire en une fois la quasi-totalité des arbres du peuplement et laisse le sol majoritairement nu (dépourvu de végétation herbacée ou ligneuse de plus de 50 cm de haut environ) avant régénération du peuplement, artificielle le plus souvent.* »

Cette définition exclut de fait les **taillis** qui, en raison des enjeux plus ou moins importants que cette formation a eu au cours des siècles écoulés, ont été inclus ou exclus du périmètre des coupes rases, illustration du fait que la définition des coupes rases est sous influence sociétale et varie, pour cette raison, au fil du temps. Le fait de considérer qu'il y a, actuellement, un enjeu important sur les tailles n'empêche pas de gérer cet aspect du point de vue de l'action publique.

Le **grand public**, qui ne se retrouve que partiellement dans la définition sylvicole, est davantage sensible, au-delà de l'émotion, aux **aspects paysagers, écologiques et socio-culturels** de ces coupes « brutales », quelles que soient les modalités mises en œuvre.

L'**impact visuel** est un point important, notamment parce qu'il est durable mais il est difficile à définir précisément (s'agit-il du retour à un aspect à peu près similaire au paysage initial, ou pourrait-on prendre en compte l'accoutumance du public ?).

Les **impacts environnementaux** tels qu'évalués dans cette expertise (voir Volet 1, « Thème 4. Effets du système coupes rases-renouvellement sur le microclimat, le régime hydrique et les caractéristiques physiques et chimiques des sols » et « Thème 5. Effets du système coupes rases-renouvellement sur la biodiversité »), sont à la croisée des préoccupations du grand public, des ONG, des gestionnaires et potentiellement sur un plan juridique. Cela concerne :

- la question de la **surface minimale** en deçà de laquelle il n'y a plus d'effets négatifs (seuil en deçà de 0,5 ha pour certains facteurs physicochimiques) sachant, par ailleurs, qu'il n'a pas été possible d'identifier de seuils (correspondant *a priori* à des surfaces plus élevées) au-dessus duquel les effets augmenteraient fortement ;
- les « **pressions** » **locales** qui varient fortement en fonction des sites et stations, des modalités de mise en œuvre de la coupe (facteurs liés à l'exploitation forestière) et des itinéraires de régénération post-coupe (traitement des rémanents, préparation du sol, modalités de régénération, etc.). Il serait probablement possible de résumer ces conditions au niveau de la parcelle mais aussi du paysage sous la forme d'**indicateurs multivariables** ;

- les **décisions** à prendre sur le terrain, qui seront autant de **compromis** à définir en fonction des risques pour l'écosystème et pour les services rendus à la société et de la rentabilité de la gestion pour le propriétaire, avec, en arrière-plan, le contexte évolutif du changement climatique.

Le travail présenté ici confirme la complexité intrinsèque du sujet et la difficulté de satisfaire les attentes des différentes parties prenantes vis-à-vis, en particulier, d'une définition précise et irréfutable de la coupe rase. Pour autant, nous sommes convaincus qu'une co-construction de définitions rapprochant davantage encore la sylviculture des sciences sociales et de l'écologie permettrait de surmonter en partie les difficultés sur lesquelles butent les travaux actuels.

1.5 Références bibliographiques

- Barthod, C., Pignard, G., Guérin, F., Bouillon-Penrois, E., 1999. Coupes fortes et coupes rases dans les forêts françaises. *Revue forestière française* 51, 469–486. <https://doi.org/10.4267/2042/5456>
- Bastien, Y., Gauberville, C. (Eds.), 2011. Vocabulaire forestier. Ecologie, gestion et conservation des espaces boisés. Institut pour le Développement Forestier, Paris.
- Bigot de Morogues, P.M.S., 1822. Essai sur les moyens d'améliorer l'agriculture en France, particulièrement dans les provinces les moins riches, notamment en Sologne. Tome 2. Tourneux Libraire et Huzard-Courcié Imprimerie, Paris.
- De Ferrière, C.-J., 1749. Dictionnaire de droit et de pratique. Tome 1, contenant l'explication des termes de droit, d'ordonnances, de coutumes & de pratique. Avec les juridictions de Franc. Troisième édition. Librairies Babuty Fils.
- Gilbert, C., Henry, E., 2012. La définition des problèmes publics : entre publicité et discrétion. *Revue française de sociologie* 531, 35–59. <https://doi.org/10.3917/rfs.531.0035>
- Huffel, G., 1927. Les méthodes de l'Aménagement Forestier en France. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières* 230.
- Keenan, R., Kimmins, J.P., 1993. The ecological effects of clear-cutting. *ENVIRON.REV.* 1, 121–144. <https://doi.org/10.1139/a93-010>
- Nieuwenhuis, M., 2000. Terminology of Forest Management Planning. Terms and Definitions in English - Equivalent terms in German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Japanese., IUFRO World Series. ed. IUFRO, Vienna.
- Reuss, E., Blais, R., 1938. Une légende forestière : le tire et aire. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières* 7, 1–166.
- Smith, D.M., 1986. The practice of silviculture, Eighth Edition. ed. John Wiley & Sons, New-York.
- Société nationale d'agriculture de France, 1897. Coupes blanches dans les forêts. *Bulletin des séances de la Société nationale d'agriculture de France : compte rendu mensuel* 159–161.
- Vauban, S. d, 1701. Traité de la culture des forêts.

Volet 1 | Thème 1. Définition des coupes rases

Question 2. Quelles sont les principales modalités de coupes de régénération, en forêts tempérées et boréales, et particulièrement en France métropolitaine ?

Sommaire

2.1 Contexte et problématique	14
2.2 Matériel et méthode	38
2.3 Définitions de quelques termes de concepts clés en sylviculture	39
2.4 Réponses à la question posée	40
2.4.1 Définitions et contextualisation des coupes de renouvellement pratiquées en France métropolitaine	40
2.4.2 Autres coupes de régénération pratiquées à l'étranger.....	44
2.4.3 Pratiques de rétention d'arbres pour la biodiversité	46
2.5 Perspectives	46
2.6 Références bibliographiques	47

Rédacteurs

Marion **Gosselin**, INRAE, UR EFNO, Nogent-sur-Vernisson (45), France

Guy **Landmann**, GIP Ecofor, Paris (75), France

Contributeurs

Eric **Lacombe**, Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, UMR Silva, Nancy (54), France

David **Pothier**, Université Laval, Département des sciences du bois et de la forêt, Québec, Canada

Philippe **Nolet**, Université du Québec en Outaouais, ISFORT, Département des Sciences Naturelles, CEF, Ripon, Canada

Jeanne **Muller**, GIP Ecofor, Paris (75), France

2.1 Contexte et problématique

Un focus important est placé dans le cadre de cette expertise sur la coupe rase, qui est une modalité de coupes de renouvellement. Pour autant, il est important :

- de replacer cette modalité de renouvellement parmi les autres modalités pratiquées dans le contexte de la France métropolitaine ;
- d'élargir cette analyse à la dimension internationale, notamment en climat tempéré et boréal d'où est issue une part importante de la littérature internationale (voir notamment Volet 1, « Thème 4. Effets du système coupes rases-renouvellement sur le microclimat, le régime hydrique et les caractéristiques physiques et chimiques des sols » et « Thème 5. Effets du système coupes rases-renouvellement sur la biodiversité »), dans le souci de faire le meilleur usage de cette dernière, en évitant les confusions d'ordre terminologique notamment.

2.2 Matériel et méthode

À l'image de la définition de la coupe rase (voir « Question 1. Comment définir la coupe rase en forêt ? »), le sujet des modalités de régénération ne fait pas l'objet d'une littérature scientifique importante dans des revues à comité de lecture. Les descriptions sont partielles, généralement liées à des contextes régionaux spécifiques (États-Unis, Canada et singulièrement le Québec, pays germanophones, etc.) et figurent dans des ouvrages parfois difficiles d'accès. La consultation d'ouvrages spécialisés (Yelle, 2006 ; Stringer, 2006 ; Pelletier, 2018 ; North Central Research Station, 2007 ; Ministère des Ressources naturelles, 2003 ; Larouche *et al.*, 2013 ; Lanier *et al.*, 1994 ; Gustafsson *et al.*, 2010, 2020 ;

Guillemette et Bédard, 2006 ; Dubourdieu, 1997 ; Gouvernement du Canada, n.d. ; Boudru, 1989 ; Bastien et Gauberville, 2011 ; Bastien, 1997 ; Schütz, 1997) ainsi que d'experts français (Eric Lacombe, AgroParisTech ; Céline Méredieu, INRAE) et québécois (David Pothier, Université Laval ; Philippe Nolet, ISFORT) ont permis de rassembler les informations synthétisées ci-après qui ont été mises à disposition des acteurs de l'expertise collective.

Dans la mesure du possible, la définition des différents termes a été complétée par des éléments de contexte propres à la France métropolitaine.

2.3 Définitions de quelques termes de concepts clés en sylviculture

Avant de définir les modalités de régénération, nous définissons ci-dessous quelques termes et concepts de base en sylviculture qui peuvent être utiles au lecteur.

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 » (Bastien et Gauberville, 2011).

Conversion : « Traitement transitoire qui consiste à passer d'un régime sylvicole à un autre, notamment du régime du taillis simple ou du taillis sous futaie au régime de futaie, sans changer d'essence » (Bastien et Gauberville, 2011). Cela peut aussi s'appliquer au passage de la futaie régulière vers la futaie irrégulière par des coupes jardinatoires

Futaie : « Régime sylvicole fondé sur la reproduction sexuée des arbres » ou « Peuplement forestier composé d'arbres issus de semis ou de plants » ou « synonyme de réserves d'un taillis sous futaie » (Bastien et Gauberville, 2011).

Peuplement : ensemble homogène d'arbres en matière de structure (c'est-à-dire le régime, de futaie ou de taillis, et le traitement, régulier ou irrégulier) et de composition en essences principales, ayant une surface minimale de 0,5 ha, qui est la limite de taille de trouée faisant la différence entre une futaie régulière par parquets et une futaie irrégulière.

Rajeunissement : en sylviculture, « renouvellement d'un taillis par coupe rase, opération à l'origine d'un processus de rajeunissement des cépées » (Bastien et Gauberville, 2011).

Régénération : « ensemble des interventions sylvicoles de renouvellement d'un peuplement forestier par voie sexuée (naturelle ou artificielle). Remarque : la multiplication végétative du taillis est un rajeunissement » (Bastien et Gauberville, 2011).

Régime sylvicole : « Mode de renouvellement d'un peuplement forestier. On distingue fondamentalement deux régimes : (i) le taillis et (ii) la futaie. Le taillis sous futaie est la combinaison des deux régimes » (Bastien et Gauberville, 2011).

Renouvellement des peuplements : désigne le « remplacement d'une génération d'arbres par voie naturelle ou artificielle » (Bastien et Gauberville, 2011). Le renouvellement par **voie sexuée** (c'est-à-dire par régénération) s'acquiert grâce à des coupes dites de régénération qui permettent la mise en lumière du sol et, le cas échéant, du houppier des semenciers, et le développement des jeunes semis ou plants. Ces coupes permettent à la fois de récolter un peuplement forestier et de le renouveler ensuite par voie naturelle ou artificielle. **Le renouvellement peut se faire en plein (par parcelle ou parquets en traitement régulier) ou de façon diffuse (par trouées en traitement irrégulier)**. Le renouvellement par **voie végétative** (c'est-à-dire par rajeunissement) s'acquiert par rejet de souche après des coupes dites de rajeunissement.

Rétention : Pratique sylvicole qui consiste à laisser, lors des coupes de régénération, des éléments supports de biodiversité : arbres vivants, isolés ou en bouquets, zones tampons non exploitées en bordure de lacs, cours d'eau ou mares, bois mort sur pied ou au sol, y compris bois mort créé pour

l'occasion (par exemple des souches hautes). Les mesures de rétention ne sont pas prises au service de la régénération, mais de la biodiversité (d'après Gustafsson *et al.*, 2010, 2020 ; voir Volet 1, Thème 5, Question 6. Les modalités de rétention d'arbres pour la biodiversité permettent-elles de moduler les impacts des coupes rases et autres coupes de régénération sur la biodiversité taxonomique à l'échelle du peuplement ?).

Semencier : « *Arbre susceptible de produire des graines et participant au renouvellement du peuplement forestier. Il est généralement choisi pour ses bonnes qualités phénotypiques* » (Bastien et Gauberville, 2011).

Structure forestière : « *Organisation spatiale d'un peuplement forestier, du point de vue de la répartition des tiges, distinguée par catégorie de grosseurs ou par strate. On distingue deux grands types de structures : régulière et irrégulière, la structure jardinée n'étant qu'un cas particulier de la structure irrégulière. Remarque : le taillis sous futaie regroupe une structure régulière avec le taillis simple et une structure irrégulière avec la réserve* » (Bastien et Gauberville, 2011).

Taillis : désigne un « *peuplement forestier issu de rejets de souche ou de drageons, dont la perpétuation est obtenue par des coupes de rajeunissement* » (Bastien et Gauberville, 2011). Plusieurs tiges, issues de bourgeons réactivés par une coupe, partent d'une même base et forment une cépée. Le terme taillis désigne également le régime du même nom, c'est-à-dire le rajeunissement par voie végétative. Il est également utilisé pour désigner une strate issue de souches ou de drageons dans un peuplement composé par ailleurs d'arbres de futaie (en taillis sous futaie par exemple, mais aussi en futaie où le sous-étage est également du taillis).

Traitement sylvicole : « *Ensemble des interventions (coupes et travaux sylvicoles) appliquées à un peuplement en vue de le maintenir ou de le faire évoluer vers une structure déterminée* » (Bastien et Gauberville, 2011), c'est-à-dire soit vers une structure régulière, soit vers une structure irrégulière, soit vers un mélange des deux structures dans le cas particulier du traitement de taillis sous futaie (mais ce dernier n'est pratiquement plus pratiqué). Par simplification, le traitement (ou les grandes catégories de traitements) peut être vu comme la combinaison entre un régime (futaie ou taillis) et une structure (régulière ou irrégulière). Ne pas confondre avec Régime sylvicole (voir définition ci-dessus).

Transformation : « *Modification de la composition d'un peuplement forestier par substitution d'essences, avec ou sans changement de structure* » (Bastien et Gauberville, 2011).

Trouée : « *Ouverture plus ou moins importante créée dans un couvert forestier, dans celui d'une formation buissonnante ou herbeuse dense et haute* » (Bastien et Gauberville, 2011). Dans un peuplement forestier, les trouées créées par la mort d'arbres, ou par les coupes d'exploitation forestière, réinitient une succession végétale. « *Le retour à la composition d'origine peut être rapide au niveau des petites trouées, ou plus lent au niveau des grandes trouées, où se succèdent alors les phases pionnière, transitoire puis de maturité* » (Bastien et Gauberville, 2011).

2.4 Réponses à la question posée

2.4.1 Définitions et contextualisation des coupes de renouvellement pratiquées en France métropolitaine

Dans un premier temps, nous présentons les modalités plus ou moins couramment mises en œuvre en France métropolitaine. Leur place dans le contexte national est brièvement mentionnée.

Coupe rase : coupe unique portant sur la totalité du peuplement et précédant généralement sa régénération artificielle (Bastien et Gauberville, 2011). Pour plus de détails, le lecteur se reportera à la « Question 1. Comment définir la coupe rase en forêt ? ».

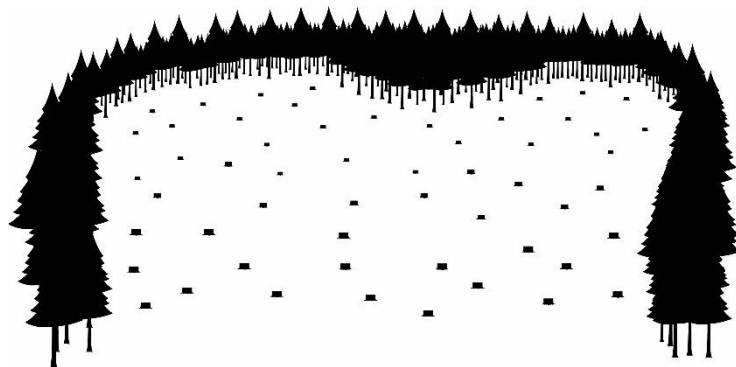


Figure 1.2-1 : Coupe rase : la totalité des arbres matures est enlevée en une seule fois. Croquis RGL Studio

- traitement sylvicole : futaie régulière ;
- pratique : la coupe rase est concentrée dans quelques régions : Landes de Gascogne, Limousin, Morvan, etc. (voir Volet 1, Thème 2, « Question 1.1. Quels enseignements peut-on tirer des données de l'inventaire forestier national sur l'évolution récente des coupes rases et fortes ? » et « Question 2. Quel est l'apport de l'imagerie satellitaire dans le suivi des coupes rases ? »). Globalement, elle est moins importante que les coupes progressives décrites ci-dessous.

Coupes progressives visant l'obtention d'une régénération naturelle : série de coupes, étalées sur une période limitée de temps (souvent sur une dizaine d'années mais pouvant aller jusqu'à 1/2 révolution en Europe, 1/5 révolution au Québec), destinée à régénérer un peuplement en permettant aux semis préexistants de se développer mais aussi (et surtout) à de nouveaux semis de s'implanter sous le couvert de semenciers (et non dans des trouées). Les semenciers sont maintenus en forte densité et progressivement récoltés par des coupes partielles successives, au fur et à mesure de l'acquisition de la régénération. Les coupes progressives comprennent successivement (Figure 1.2-2) : une **coupe d'ensemencement**, qui permet l'installation de la régénération naturelle en mettant en lumière le houppier des semenciers et qui s'accompagne parfois d'un relevé de couvert (prélèvement des petits bois et du sous-étage) ou d'un furetage du taillis (Sardin, 2008) ; une ou plusieurs **coupes secondaires**, qui favorisent le développement des semis, en réduisant progressivement l'abri (c'est-à-dire la densité de couvert arboré) et en augmentant l'arrivée de lumière au sol ; une **coupe définitive**, sur semis acquis, qu'elle met en pleine lumière, en récoltant les derniers arbres semenciers du peuplement (d'après Bastien et Gauberville, 2011 ; Dubourdiou, 1997 ; Larouche *et al.*, 2013).



Figure 1.2-2 : Cycle de coupes progressives de régénération. De gauche à droite : Coupe d'ensemencement, première coupe secondaire, deuxième coupe secondaire, coupe définitive sur semis acquis. Croquis RGL Studio

- traitement sylvicole : futaie régulière ;
- pratique : c'est le mode de régénération le plus répandu, plus particulièrement dans les forêts publiques (voir Volet 1, Thème 2, « Question 1.2. Quels enseignements peut-on tirer des données opérationnelles de l'ONF sur les coupes rases ? ») mais aussi en forêt privée pour les chênes et les châtaigniers.

Coupe définitive directe sur semis acquis : cette coupe consiste, dans le cas d'essences de lumière pour lesquelles les semis sont réguliers et abondants, à régénérer naturellement le peuplement par la mise en lumière de semis déjà présents dans les peuplements matures éclaircis, en réduisant à une

seule coupe le cycle de coupes progressives (c'est-à-dire en s'affranchissant des étapes de coupe d'ensemencement et de coupes secondaires). À la différence d'une coupe rase *sensu stricto*, le sol n'est pas mis à nu puisque les semis sont déjà acquis au moment de la coupe. Ne pas confondre avec les cas de coupe unique, c'est-à-dire coupe rase sans semis acquis, suivies de régénération naturelle par germination de la banque de graines du sol ou apport de semis par les peuplements voisins (Chabaud et Nicolas, 2009).

- traitement sylvicole : futaie régulière.

Coupe d'ensemencement par bandes : parfois désignée sous le terme de coupe rase par bandes. Ce mode de renouvellement s'applique essentiellement aux pineraies de pin sylvestre mais a été réalisé dans des chênaies.

- traitement sylvicole : futaie régulière ;
- pratique en France métropolitaine : fréquemment utilisée autrefois, cette pratique est devenue très rare et n'est plus recommandée (Chabaud et Nicolas, 2009, p. 119).

Coupes irrégulières (ou coupes jardinées *sensu lato*) : ces coupes partielles visent simultanément à récolter, améliorer le peuplement et obtenir l'installation de nouvelles cohortes de régénération sous le couvert d'arbres matures jouant le rôle de semenciers et d'abris. On distingue communément :

- les **coupes de conversion en futaie irrégulière**, ou coupes **jardinatoires** (destinées à faire évoluer le peuplement vers une structure inéquienne, sans recherche d'équilibre des classes d'âge à l'échelle de la parcelle (Schütz, 1997 ; Bastien et Gauberville, 2011) ;
- les **coupes de futaie irrégulière**, ou coupes de **jardinage** dans des peuplements déjà irréguliers, en recherchant en général un « état d'équilibre » (aujourd'hui précisé dans les typologies des peuplements) à l'échelle de la parcelle, qu'il s'agisse de coupes **pied-à-pied** (coupe d'arbres individuels, dispersés, d'âges différents, produisant de petites trouées < 0,1 ha favorables à la régénération d'essences tolérantes à l'ombre) ou **par trouées** (coupe de groupes d'arbres sur des surfaces de 0,1 à 0,5 ha, assez vastes pour permettre la régénération d'espèces ne tolérant pas l'ombre) (d'après Bastien et Gauberville, 2011, voir Figure 1.2-3).



Figure 1.2-3 : Coupes irrégulières pied par pied (à gauche) ou par trouées de quelques arbres (à droite). Croquis RGL Studio

- traitement sylvicole : futaie irrégulière
- pratique : globalement minoritaire, la coupe de jardinage est relativement répandue dans le Jura et les Alpes notamment. En forêt privée de plaine, les documents d'aménagement donnent au traitement irrégulier et à la coupe jardinatoire une part significative depuis une dizaine d'années (Sevrin, communication personnelle).

Coupes de rajeunissement de taillis : coupe unique de la totalité des tiges d'un taillis, au ras du sol, pour obtenir leur rajeunissement par voie végétative (rejets de souches) (d'après Bastien et Gauberville, 2011).

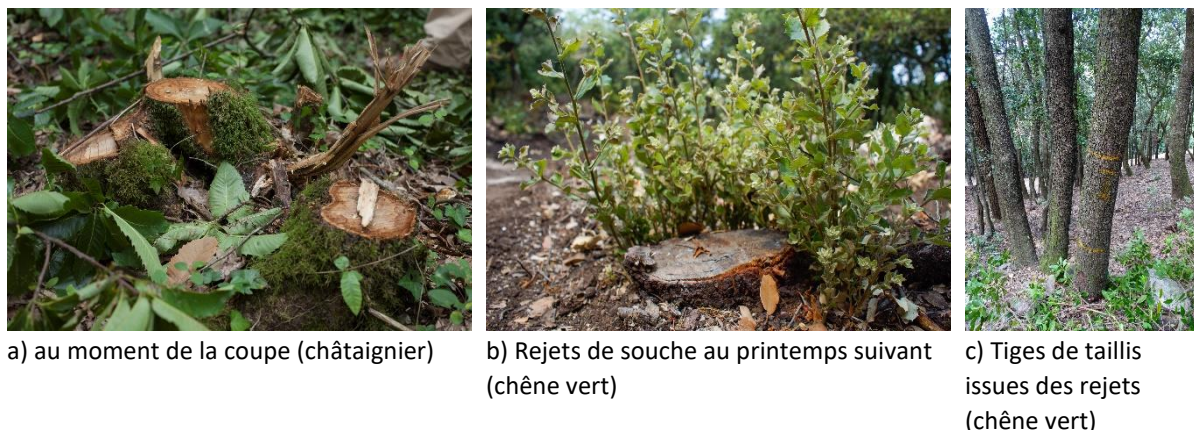


Figure 1.2-4 : Principe de la coupe de rajeunissement de taillis. Crédits photos : © Sylvain Gaudin, CNPF (a), © Bernard Petit, CNPF (b), © Joël Perrin CNPF (c)

- traitement sylvicole : taillis simple ;
- pratique : en diminution lente mais régulière depuis plusieurs décennies, le taillis dit simple (par rapport à une forme très minoritaire appelé le taillis fureté dans lequel on ne récolte que les brins les plus gros.) reste largement pratiqué dans la zone méditerranéenne pour la production de bois énergie ;
- autre traitement sylvicole : conversion vers la futaie régulière. Ailleurs, les taillis vieillissent le plus souvent sans intervention et évoluent vers une structure de futaie, mais les coupes de bois énergie augmentent également. Les meilleurs taillis de châtaignier étaient convertis en futaie mais les maladies (chancre et encre) en ont eu raison. Ces opérations se font toujours dans les meilleurs taillis de chênes.

Coupe d’abri : la régénération sous abri consiste à installer une plantation d’essences tolérantes à l’ombre sous l’abri d’un taillis ou taillis sous futaie préalablement éclairci, ou sous l’abri de résineux en futaie. Il s’agit de protéger les semis ou plants vis-à-vis du soleil et du vent. Après quelques années, l’abri est entièrement récolté, plus ou moins progressivement, pour libérer la plantation ; on parle alors de coupe d’abri.

- traitement sylvicole : futaie régulière ;
- pratique : fréquente dans les années 1970-1980, la coupe d’abri est très peu pratiquée actuellement (on manque de données) mais suscite un regain d’intérêt en raison des changements climatiques, pour protéger les jeunes arbres de la sécheresse et de la chaleur.

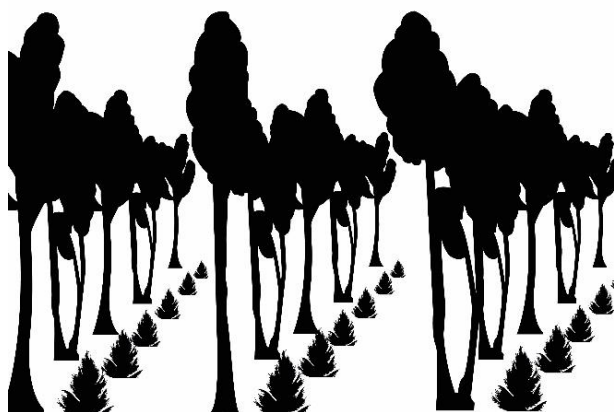


Figure 1.2-5 : Coupe d’abri, avec plantation de résineux sous le couvert de tiges de taillis qui seront récoltées une fois la plantation bien installée. Croquis RGL Studio

2.4.2 Autres coupes de régénération pratiquées à l'étranger

À ces coupes de régénération plus ou moins fréquentes en France métropolitaine, on peut ajouter quelques modalités mises en œuvre principalement en Scandinavie et en Amérique du Nord, particulièrement au Canada. Cette liste n'est pas exhaustive ; sont prioritairement mentionnés ici les types de coupes qui ont fait l'objet de travaux scientifiques analysés pour la présente expertise.

Coupe avec réserves servant de semenciers (*Seed-tree system*) : mode de régénération qui consiste à exploiter la quasi-totalité du peuplement en une seule coupe en fin de révolution, à l'exception d'un petit nombre de semenciers (5-30/ha) laissés seuls ou en petits groupes, mais uniformément répartis sur l'ensemble de la surface pour assurer une distribution homogène des semis (Larouche *et al.*, 2013, pp. 387–388). À la différence des coupes progressives de régénération, il n'y a qu'une coupe d'ensemencement, pas de coupes secondaires, les semenciers maintenus sont en densité plus faible et rarement récoltés une fois la régénération acquise (volume trop faible pour que la récolte soit rentable). Cette méthode de gestion est appliquée aux arbres dont les graines sont transportées par le vent, comme les pins (pas celles qui sont lourdes et qui ne voyagent pas très loin de l'arbre d'origine).

- traitement sylvicole : futaie régulière ;
- pratique : ces coupes sont pratiquées majoritairement en Amérique du Nord.

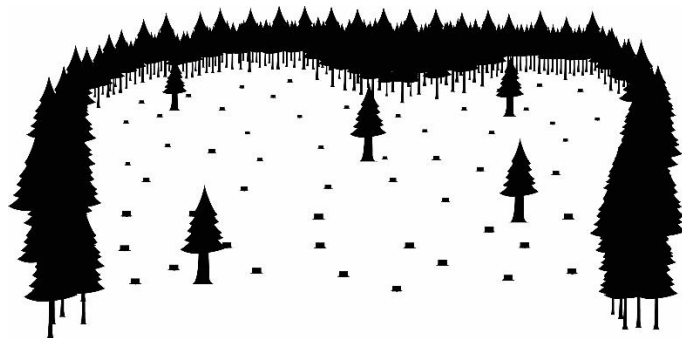


Figure 1.2-6 : Coupe avec réserves servant de semenciers. À la différence des coupes progressives, seul un petit nombre de semenciers sont maintenus sur pied le temps de la régénération. À la différence des coupes rases avec rétention, les arbres maintenus le temps de la régénération peuvent être exploités ensuite. La régénération est acquise grâce aux graines issues de ces semenciers, en complément de la banque de graines du sol et de celles des peuplements adjacents apportées par le vent. Croquis RGL Studio

Système bi-étagé : dans une optique de production de bois, ce système est initié soit par une coupe rase avec maintien de surréserves (modalité adaptée aux essences de lumière), soit par une série de coupes progressives (pour les essences tolérantes à l'ombre) maintenant à la fin un nombre défini de surréserves, c'est-à-dire d'arbres de belle qualité qui seront maintenus une révolution supplémentaire à des fins de production de très gros arbres ainsi que d'ensemencement (voir Figure 1.2-7). À la différence des coupes progressives décrites précédemment, les semenciers sont maintenus sur toute la durée du cycle sylvicole suivant (même quand les semis se sont déjà installés) dans une optique de production de bois, si bien que deux cohortes (ou classes d'âge) coexistent pendant toute la durée du cycle sylvicole ; des arbres adultes d'âge compris entre une et deux fois l'âge d'exploitabilité, et de jeunes arbres de régénération d'âge inférieur à l'âge d'exploitabilité (Stringer, 1998).

- traitement sylvicole : à la limite entre futaie régulière et irrégulière (deux classes d'âge) ;
- pratique : ces coupes sont particulièrement pratiquées en Amérique du Nord, mais ce système existe aussi dans les Vosges (étage dominant de pin sylvestre, sous-étage de sapin pectiné, le pin sylvestre étant conduit en une révolution équivalente à deux révolutions de sapin).



Figure 1.2-7 : Système bi-étagé. Aspect d'un peuplement quelques années après la coupe de régénération. Croquis M. Gosselin d'après Stringer (1998)

Coupe (de régénération) avec protection des petites tiges marchandes : méthode de gestion canadienne de forêts résineuses qui consiste (i) à récolter, en un seul passage, les arbres dont le diamètre à 1,30 m est supérieur à un diamètre seuil de 13, 15 ou 17 cm (soit environ 70 à 90 % du volume marchand) et (ii) à conserver le plus grand nombre possible d'arbres résineux dont le diamètre est inférieur à ce seuil (semis, gaules et petites tiges marchandes). Ce système permet de conserver en partie la structure irrégulière des peuplements, mais ne laisse après la coupe que de jeunes arbres.

- traitement sylvicole : intermédiaire entre futaie régulière et irrégulière ;
- pratique : ce type de coupes, largement pratiqué au début du XX^e siècle en Finlande et en Suède notamment semble à l'origine d'une dégradation de la ressource forestière et a été interdite, ce qui a conduit à introduire et généraliser les coupes rases (Taneli Kolström, communication personnelle). De même, une pratique inadéquate (prélèvements très forts) de la futaie irrégulière a conduit à la même époque au retour de la coupe rase dans les États de l'Oregon et de Washington (Kimmins, 1997).

Coupes irrégulières/progressives de régénération naturelle par trouées (*Femelschlag*²⁴ en Allemagne, Coupes Progressives Irrégulières à régénération lente (CPI-RL) au Canada) : ces coupes, pratiquées en futaie régulière, visent l'obtention d'une régénération naturelle de peuplements mélangés (surtout des mélanges sapin, épicéa et hêtre). Elles procèdent par série de coupes successives, étalées sur une période limitée de temps (1/2 révolution en Europe, 1/5 révolution au Québec, pour rester dans le système de la futaie régulière) ; dans un premier temps, la récolte de groupes d'arbres (*Femelschlag*) permet une régénération optimale des essences d'ombre (par exemple, sapin, hêtre). Dans un second temps, l'élargissement concentrique des trouées (ou noyaux de régénération) permet l'installation d'essences de semi-ombre (par exemple, épicéa) ou de lumière (par exemple, pins, mélèzes). Il en résulte une diversité importante (et peu courante) de régénération (Larouche et al., 2013, pp. 457–470).

- traitement sylvicole : à la limite entre futaie régulière (régénération par coupes progressives) et irrégulière (jardinage par trouées) (voir figures 16 et 17 dans van der Kelen et Lessard (2004) ;
- pratique : ces coupes sont relativement répandues dans les pays germaniques et se pratiquent au Canada sous l'appellation « Coupes Progressives Irrégulières (CPI) à régénération lente ». En France, elles ne sont pas pratiquées en futaie régulière où les coupes progressives sont la règle. Elles s'apparentent aux coupes mises en œuvre dans les futaies irrégulières des Alpes

²⁴ Voir ici : <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/femelschlag/24090>

françaises sous le terme de « renouvellement par trouées » (Gauquelin et Courbaud, 2006 ; Ladier *et al.*, 2012).

2.4.3 Pratiques de rétention d'arbres pour la biodiversité

La rétention est une pratique sylvicole qui consiste à laisser, lors des coupes (quelles qu'elles soient ; régénération ou amélioration), des éléments supports de biodiversité ; arbres vivants, isolés ou en bouquets, zones tampons non exploitées en bordure de lacs, cours d'eau ou mares, bois mort sur pied ou au sol, y compris bois mort créé pour l'occasion (*e.g.* souches hautes). Les mesures de rétention ne sont pas prises au service de la régénération, mais de la biodiversité.

Appliquée au cas des coupes rases, la rétention consiste à maintenir sur pied une certaine proportion de tiges (2 à 15 %, voire plus dans le cas d'études expérimentales) au service de la biodiversité. On parle alors de « coupe rase avec rétention ». Les arbres maintenus sont soit épars soit regroupés en îlots. Ils sont maintenus durant la totalité du cycle sylvicole suivant.

Ces pratiques ont été définies en Scandinavie à la fin des années 1990 où les coupes rases de grande taille sont le mode de régénération dominant. Elles sont désormais pratiquées sur plusieurs continents, la plupart du temps à la suite de coupes rases. Les pratiques de rétention sont appliquées majoritairement dans le cas des coupes rases, mais peuvent s'appliquer à tout type de coupe (Gustafsson *et al.*, 2010, 2020). En France, le terme « rétention » n'est pas couramment usité mais des pratiques de rétention existent : maintien plus ou moins systématique d'arbres ou îlots vivants à des fins de conservation (arbres-habitats, îlots de sénescence), maintien des îlots feuillus après coupe rase dans les Landes de Gascogne ou encore pratiques visant à préserver des éléments déjà identifiés comme favorables à la biodiversité – bois mort sous différentes formes, arbres vivants constituant des supports de biodiversité, fruitiers, etc. (Landmann *et al.*, 2019).

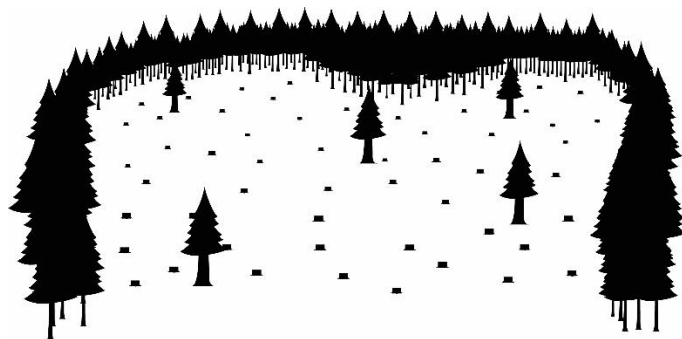


Figure 1.2-8 : Coupe rase avec rétention. À la différence des coupes avec réserves de semenciers, les arbres maintenus au service de la biodiversité ne sont pas coupés une fois la régénération acquise, ils restent sur pied tout le long du cycle sylvicole en tant qu'arbres-habitats. Les arbres de rétentions peuvent être isolés, comme ici, ou regroupés en îlots. Croquis RGL Studio

2.5 Perspectives

Cette description qualitative des modalités de coupes de régénération mériterait d'être complétée et consolidée par un travail approfondi au sein d'un groupe élargi de spécialistes de la sylviculture et de praticiens. Ce travail pourrait déboucher sur un **ouvrage de référence** à l'image de ceux qui existent au Québec (Larouche *et al.*, 2013). Une contextualisation régionale ou biogéographique y trouverait sa place.

Une description quantitative des différentes modalités de coupes de régénération (description des différents types, et pour chaque type de coupe, surfaces concernées) à l'échelle de la France métropolitaine est certainement hors de portée car les situations sur le terrain reflètent plutôt un continuum plus que des situations tranchées et que les données d'inventaire forestier ne permettent

pas de rattacher. La diversité des essences présentes sur le territoire métropolitain ajoute à la complexité.

Un tel travail permettrait en outre de mettre mieux lumière les types de coupes insuffisamment étudiés et contribuerait aux réflexions actuelles sur la diversification des peuplements et des sylvicultures, ainsi que sur le potentiel et les difficultés de leur mise en œuvre.

2.6 Références bibliographiques

- Bastien, Y., 1997. Sylviculture des chênes sessile et pédonculé 18 + annexes.
- Bastien, Y., Gauberville, C. (Eds.), 2011. Vocabulaire forestier. Ecologie, gestion et conservation des espaces boisés. Institut pour le Développement Forestier, Paris.
- Boudru, M., 1989. Forêt et sylviculture : traitement des forêts. Les Presses Agronomiques de Gembloux, A. S. B. L, Gembloux.
- Chabaud, L., Nicolas, L., 2009. Guide des sylvicultures - Pineraies des plaines de Centre et du Nord-Ouest. Onf, Paris.
- Dubourdieu, J., 1997. Manuel d'aménagement forestier. Office National des Forêts, Tec & Doc - Lavoisier, Paris.
- Gauquelin, X., Courbaud, B. (Eds.), 2006. Guide des sylvicultures de montagne : Alpes du Nord Françaises. Cemagref, Cemagref, Grenoble.
- Gouvernement du Canada, n.d. Glossaire forestier en ligne.
- Guillemette, F., Bédard, S., 2006. Sylviculture des peuplements à dominance de feuillus nobles au Québec. Hors-série 1, 112.
- Gustafsson, L., Bauhus, J., Asbeck, T., Augustynczyk, A.L.D., Basile, M., Frey, J., Gutzat, F., Hanewinkel, M., Helbach, J., Jonker, M., Knuff, A., Messier, C., Penner, J., Pyttel, P., Reif, A., Storch, F., Winiger, N., Winkel, G., Yousefpour, R., Storch, I., 2020. Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. *Ambio* 49, 85–97. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01190-1>
- Gustafsson, L., Kouki, J., Sverdrup-Thygeson, A., 2010. Tree retention as a conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: A review of ecological consequences. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25, 295–308. <https://doi.org/10.1080/02827581.2010.497495>
- Kimmins, H., 1997. *Balancing Act/ Environmental Issues in Forestry*, 2nd ed. University of British Columbia Press, Vancouver.
- Ladier, J., Rey, F., Dreyfus, P. (Eds.), 2012. Guide des sylvicultures de montagne : Alpes du Sud Françaises. Aix-en-Provence.
- Landmann, G., Augusto, L., Pousse, N., Gosselin, M., Cacot, E., Deleuze, C., Bilger, I., Amm, A., Bilot, N., Boulanger, V., Leblanc, M., Legout, A., Pitocchi, S., Renaud, J.-P., Richter, C., Saint-Andre, L., Schrepfer, L., Ulrich, E., 2019. GERBOISE : Gestion raisonnée de la récolte de Bois Energie Guide de recommandation et Observatoire des pratiques de récolte et évaluation d'outils de flux -. ADEME.
- Lanier, L., Badré, M., Delabrazé, P., Dubourdieu, J., Flammarion, J.P., 1994. Précis de sylviculture. 2^e édition. Engref, Nancy.
- Larouche, C., Guillemette, F., Raymond, P., Saucier, J.P. (Eds.), 2013. Le guide sylvicole du Québec. Tome 2. Les concepts et l'application de la sylviculture. Les publications du Québec, Québec.
- Ministère des Ressources naturelles, de la faune et des parcs de Q., 2003. Manuel d'aménagement forestier. 4^{ème} Édition (mise à jour en février 2004). Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, de la faune et des parcs de Québec, Québec.

- North Central Research Station, 2007. Forest Management 101. A handbook to forest management in the North Central Region 30.
- Pelletier, L., 2018. Manuel de détermination des possibilités forestières 2018-2023.
- Sardin, T., 2008. Guide des sylvicultures. Chênaies continentales. Lavoisier - Office National des Forêts, Paris.
- Schütz, J.P., 1997. Sylviculture 2 : La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, CHE.
- Stringer, J.W., 2006. Two-age system and Deferment Harvests. Professional Hardwood Note.
- Stringer, J.W., 1998. Two-aged silvicultural systems: diameter distribution and predictive models for determining minimum reserve tree diameters, Proceedings, 9th Biennial Southern Silviculture Research Conference.
- van der Kelen, G., Lessard, G., 2004. Entre les coupes progressives et le jardinage par trouées : le cas des coupes progressives irrégulières. Synthèse de littérature 132.
- Yelle, V., 2006. Des coupes à blanc socialement acceptables : Mission possible ou impossible ? FACULTÉ DE FORESTERIE ET GÉOMATIQUE - UNIVERSITÉ LAVAL, Québec.

Thème 2. Connaissance et suivi des coupes rases

En 1999, Barthod *et al.* publiaient une étude sur les coupes fortes et coupes rases en France métropolitaine. Elle reposait sur l'analyse de données collectées par l'Inventaire forestier national (IFN) sur la décennie des années 1980, complétée par l'examen de photographies aériennes. L'évaluation globale concluait que ces coupes concernaient annuellement une superficie d'environ 104 300 ha (soit 0,8 % de la superficie forestière totale), pour environ 49 000 chantiers, soit une surface unitaire moyenne de 2,1 ha. Sur cette base, une analyse plus fine a permis de délivrer des résultats spatialisés, suivant une typologie des coupes, par classes de surface, par catégorie de propriétés, et par essences concernées.

Ce Thème 2. Connaissance et suivi des coupes rases a pour premier objectif d'actualiser les résultats statistiques en tirant parti des jeux de données de l'IFN (Question 1.1. Quels enseignements peut-on tirer des données de l'inventaire forestier national sur l'évolution récente des coupes rases et fortes ?) et de l'ONF (Question 1.2. Quels enseignements peut-on tirer des données opérationnelles de l'ONF sur les coupes rases ?). Il évalue également l'apport des technologies spatiales (Question 2. Quel est l'apport de l'imagerie satellitaire dans le suivi des coupes rases ?) qui connaissent depuis quelques années un grand essor tant dans la conception de satellites performants que dans le traitement et l'utilisation des données acquises. Face à cette masse de données hétérogènes, il est pertinent aujourd'hui de réfléchir à la mise en place d'un système national de suivi opérationnel des coupes rases et fortes (Question 3. Quels pourraient être l'objectif et les composantes d'un système opérationnel de suivi régulier des coupes rases et fortes en France métropolitaine ?), avec, en éléments de comparaison, les initiatives d'autres pays (Question 4. Quelle est la situation actuelle des systèmes d'alerte globaux par télédétection satellitaire ?).

Répondre à ces questions fait appel à différentes approches méthodologiques. Les descriptions associées aux placettes de l'inventaire forestier (IGN) et les relevés de terrain en forêt publique (ONF) font l'objet d'une analyse statistique. Sur les données satellitaires, il s'agit en premier lieu d'utiliser les bases de données accessibles au niveau mondial (UMD-GLAD) et national (INRAE). Celles-ci sont agrégées, et croisées avec des données IGN, de manière à restituer une estimation spatialisée des pertes de couvert arboré sur la période 2017-2020. En complément, le CNES décrit une approche innovante en radar, et la DRAAF Nouvelle-Aquitaine apporte un témoignage sur son utilisation de la télédétection dans un contexte opérationnel. Enfin, une réflexion plus globale, fondée sur la littérature scientifique, porte sur les besoins des utilisateurs (ministères, services de l'État, collectivités, gestionnaires, etc.), sur la complémentarité des différentes données et approches méthodologiques afin d'établir, dans la mesure du possible, un système de suivi continu statistiquement fondé des coupes rases en France.

La diffusion des données produites par les administrations et organismes de recherche est un sujet d'actualité. Un accès facilité, voire complètement ouvert, permettrait d'apporter des éléments factuels sur lesquels les débats en cours peuvent s'appuyer, à condition de partager aussi les clés d'interprétation.

Volet 1 | Thème 2. Connaissance et suivi des coupes rases

Question 1.1. Quels enseignements peut-on tirer des données de l'inventaire forestier national sur l'évolution récente des coupes rases et fortes ?

Sommaire

1.1.1 Contexte et problématique	50
1.1.2 Définitions.....	51
1.1.3 Matériel et méthodes	52
1.1.3.1 Des chiffres avant les tempêtes Klaus et Lothar (1999) issus de la méthode d'inventaire par département.....	52
1.1.3.2 Quelle information peut-on tirer des données actuelles de l'inventaire forestier national ?.....	54
1.1.3.3 Prise en compte des coupes liées à des événements exceptionnels.....	56
1.1.3.4 Perspectives dans le domaine de la connaissance sur les coupes rases.....	56
1.1.4 Quelques caractéristiques des peuplements faisant l'objet de coupes rases ou fortes.....	57
1.1.4.1 Les coupes rases et les coupes fortes dans les années 1980 selon l'IFN	57
1.1.4.2 Les coupes affectant plus de 50 % du couvert initial de l'étage dominant sur la période récente (2011-2020) selon l'IFN.....	58
1.1.4.2.1 Généralités	59
1.1.4.2.2 Analyse par catégorie de propriété.....	59
1.1.4.2.3 Analyse par région.....	60
1.1.4.2.4 Analyse par essence	62
1.1.4.2.5 Analyses combinées	63
1.1.5 Conclusion et perspectives	63
1.1.6 Références bibliographiques	64

Rédactrices

Stéphanie **Wurpillot**, IGN, Service de l'Information Statistique Forestière et Environnementale, Nogent-sur-Vernisson (45), France

Marianne **Duprez**, IGN, Service de l'Information Statistique Forestière et Environnementale, Nogent-sur-Vernisson (45), France

1.1.1 Contexte et problématique

L'IFN est une des missions de l'IGN, placé sous la tutelle des ministres chargés du développement durable et des forêts. L'IGN est chargé de l'**inventaire permanent des ressources forestières nationales**, indépendamment de toute question de propriété (article R. L.151.1²⁵ du code forestier). L'IFN figure depuis 2017 parmi les enquêtes à caractère obligatoire, reconnues d'intérêt général et de qualité statistique labellisé par le Conseil national de l'information statistique (CNIS).

L'IFN est la seule enquête renseignant sur les quantités et qualités de bois dans les forêts françaises sur l'ensemble du territoire métropolitain, et constitue à ce titre la référence sur les ressources forestières françaises. Elle détaille également la nature des surfaces forestières et produit ainsi une estimation de la superficie forestière totale²⁶. Elle permet également de répondre partiellement aux obligations vis-à-vis des enquêtes internationales (évaluation des ressources forestières mondiales, Forest Europe, inventaire gaz à effet de serre notamment). L'enquête porte sur l'inventaire des ressources forestières et la connaissance de leur évolution, le suivi des écosystèmes forestiers, c'est-

²⁵ Consultable ici : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000026127813

²⁶ La superficie forestière est également fournie par l'enquête TERUTI du SSP (service statistique du MASA). Les chiffres fournis par TERUTI sont ajustés depuis 2017 aux surfaces forestières de l'inventaire forestier national.

à-dire pour l'essentiel sur les surfaces forestières, le stock, les volumes de bois, plus récemment la biomasse et le carbone dans le bois, les flux (accroissement, mortalité, prélèvements), la composition (espèces, classes d'âge, dimension des bois), et des données écologiques (composition floristique, pédologie, etc.) Les principales unités enquêtées sont des points du territoire (placettes de 25 m de rayon) et les arbres au sein de celles-ci. Le champ de l'enquête est l'ensemble de la forêt française métropolitaine avec une collecte d'informations détaillée sur la forêt dite « disponible pour la production »²⁷. C'est la forêt où il est possible de produire du bois sans qu'une autre utilisation, ou les conditions physiques, ne viennent en empêcher l'exploitation (réserve intégrale, zone inaccessible, etc.) Elle couvre environ 95 et 5 % de la forêt française.

L'IFN a utilisé de 1958 à 2004 une méthode dite « départementale » ou « ancienne méthode ». Chaque année, une dizaine de départements étaient inventoriés. Les chiffres nationaux étaient le fruit de la compilation de résultats départementaux sur une dizaine d'années. À compter de 2005, l'enquête est toujours à deux phases statistiques (IGN, 2022 ; Bouriaud, 2020), mais la méthode d'inventaire forestier national a évolué pour inventorier chaque année, de manière systématique, l'ensemble du territoire métropolitain.

Dans un contexte où la pratique des coupes rases et fortes est particulièrement débattue et où son acceptation sociale est de plus en plus faible, il paraît important d'informer sur l'importance de ces coupes et leur évolution le plus objectivement possible avec les données disponibles qui couvrent plusieurs décennies.

Depuis les débuts de l'IFN, des données relatives aux coupes ont été collectées. Cet article décrit dans un premier temps la méthodologie appliquée et son évolution au cours du temps et présente, dans un second temps, un ensemble de résultats.

1.1.2 Définitions

Photo-interprétation : technique qui, à partir de l'observation de photographies aériennes, consiste à identifier et à délimiter les objets au sol. Ce premier inventaire est généralement suivi de la formulation d'hypothèses sur ce qui n'est pas directement visible mais souvent déduit de l'observation fine des objets et de leur environnement.

Précision statistique : l'inventaire forestier de l'IGN est de nature statistique. Il s'appuie sur un échantillon de placettes observées sur photographies aériennes et au sol ou d'arbres pour inférer des grandeurs (surface forestière, volume de bois, etc.) sur l'ensemble d'un territoire. Comme l'inventaire n'est pas exhaustif, il donne une estimation statistique des variables considérées et non une quantification directe. L'imprécision par nature aléatoire est caractérisée par un intervalle de confiance auquel la grandeur d'intérêt a une certaine probabilité d'appartenir. Ainsi, l'estimation moyenne $\pm 2 \times \sigma$ (où σ est l'estimation de l'écart-type de la moyenne) correspond à un intervalle de confiance à 95 %.

Coupes fortes et rases au sens de l'IFN pour cette étude :

- avant 2005 : les coupes fortes et rases regroupent plusieurs types de coupes (voir Tableau 2.1.1-1). Il s'agit de la prise en compte exhaustive de toutes les coupes susceptibles d'avoir un impact visuel ou paysager fort. Cette définition englobe les coupes rases au sens strict (d'un point de vue sylvicole) mais également toute coupe conduisant à la disparition de plus de 50 % de l'étage dominant. La surface d'observation est l'ensemble de la coupe incluant le centre de la placette d'inventaire.

²⁷ La forêt non disponible pour la production, appelée « autre forêt » couvre environ 1 Mha (5 % de la superficie forestière). Elle ne fait l'objet actuellement que d'une description en termes de superficie.

- à partir de 2005 : l'IFN identifie les coupes de moins de 5 ans et les qualifie en fonction du taux de couvert libre recensable prélevé. Dans le cadre de cette étude, les coupes pour lesquelles sur la placette de 0,2 ha, la coupe a enlevé au moins 50 % du couvert libre, recensable et vivant avant la coupe sont qualifiées de coupes fortes. Celles pour lesquelles ce pourcentage atteint 90 % ou plus sont qualifiées de coupes rases. Il ne s'agit pas forcément de coupes rases d'un point de vue sylvicole.

Surface momentanément déboisée au sens de l'IFN : surface de forêt dont le couvert par des arbres est temporairement au-dessous du seuil de couvert de 10 %. Depuis 2009, une donnée spécifique permet de caractériser cet état directement sur le terrain.

Surface parcourue en coupe au sens de l'IFN : surface statistique calculée à partir des placettes d'inventaire pour lesquelles au moins un arbre recensable (circonférence > 23,5 cm) a été coupé.

Tableau 2.1.1-1 : Synthèse sur la définition des coupes rases et fortes utilisée pour cette étude

IFN (avant 2005)	IFN (depuis 2005)
1 - Coupe rase suivie de défrichement	Estimation non disponible pour le moment mais méthode en cours d'évaluation pour la produire
2 - Coupe rase non suivi de l'installation d'un peuplement au moment de l'observation	Coupe enlevant plus de 90 % du couvert vivant recensable libre total avant la coupe
3 - Coupe définitive (y compris de taillis) accompagnée par l'installation naturelle d'un peuplement	
4 - Coupe rase suivie d'une plantation (ou de travaux préparatoires)	
6 - Coupe totale de l'étage dominant N.B. : il peut perdurer alors un sous-étage	
5 - Coupe totale des interbandes dans un reboisement en bandes	Coupe enlevant plus de 50 à 90 % du couvert vivant recensable libre total avant la coupe
7 - Coupe forte ayant enlevé plus de 50 % de l'étage dominant, mais pas tout l'étage dominant	

1.1.3 Matériel et méthodes

Pour ce qui concerne les données de l'IFN antérieures à 2004, les auteurs se sont largement appuyés sur les travaux de l'IFN résumés dans l'article de Barthod *et al.* (1999). Pour les années les plus récentes, les résultats ont été produits grâce à l'outil de calcul de résultats de l'inventaire forestier (OCRE).

1.1.3.1 Des chiffres avant les tempêtes Klaus et Lothar (1999) issus de la méthode d'inventaire par département

L'IFN a suivi de 1958 à 2004 une méthode au niveau départemental avec en moyenne moins de dix départements inventoriés chaque année. Certains départements ont été inventoriés quatre fois sur la période citée, d'autres trois fois et quelques-uns seulement deux fois. L'ensemble des départements métropolitains a été couvert pour la première fois en 1981. Les chiffres nationaux à partir de cette date étaient simplement la compilation de résultats départementaux obtenus sur une période d'une douzaine d'années voire davantage.

Pour chaque département, une surface de forêt momentanément déboisée (**variable d'état**) était évaluée à chaque cycle d'inventaire. La compilation de ces surfaces à l'échelle nationale permettait de disposer d'une surface nationale à une date donnée, synthèse d'une douzaine d'années d'observation sur le terrain. Barthod *et al.* (1999) fournissent cette surface momentanément déboisée au 31 décembre 1997.

À partir des années 1980, afin de disposer de **variables de flux**, des comparaisons d'inventaire ont été mises en place. Cela consistait, lors d'un nouveau cycle d'inventaire sur un département, à examiner, sur les **photographies aériennes les plus récentes, la situation des placettes de l'inventaire précédent**. Ce travail de photo-interprétation de photographies aériennes avec une vision stéréoscopique permettait de déterminer de manière assez précise si la placette avait subi une coupe rase ou forte. Dans certains cas, une visite de terrain aidait à lever le doute entre différentes catégories :

1. Coupe rase suivie de défrichement ;
2. Coupe rase non suivie de l'installation d'un peuplement (le terrain passe à l'état de « lande », dans l'attente d'une éventuelle recolonisation naturelle ou d'une plantation ultérieure) ;
3. Coupe définitive, y compris de taillis, accompagnée par l'installation naturelle d'un peuplement ;
4. Coupe rase suivie d'une plantation (ou de travaux préparatoires) ;
5. Coupe totale des interbandes dans un reboisement en bande ;
6. Coupe totale de l'étage dominant ;
7. Coupe forte ayant enlevé plus de 50 % de l'étage dominant, mais pas tout l'étage dominant.

Dans le contexte de cette expertise, **les types de coupes importantes sont :**

- **les coupes rases au sens strict : (4) les coupes rases suivies d'une plantation** (ou de travaux préparatoires) et **(2) les coupes rases non suivies de l'installation d'un peuplement** (le terrain passe à l'état de « lande », dans l'attente d'une éventuelle recolonisation naturelle ou d'une plantation ultérieure) ;
- **les coupes définitives dans le cadre de la régénération naturelle et les coupes de taillis (3).**

Ces trois types de coupes sont nommés « coupes de régénération ».

Les autres coupes fortes sont :

- des coupes des interbandes dans un reboisement en bande (5) ;
- des coupes de plus de 90 % de l'étage dominant (6) ;
- des éclaircies fortes (7) ;
- des coupes préparatoires à la régénération (7) ;
- des coupes de type taillis-sous-futaie (enlèvement de tout le taillis et d'une partie des tiges de l'étage dominant) (7).

Cette évaluation prenait ainsi en compte **l'ensemble des coupes susceptibles d'avoir un impact visuel ou paysager fort, et non seulement des coupes de régénération des peuplements forestiers.**

La **taille de la coupe** était notée et ensuite regroupée selon les classes suivantes : 0-1 ha, 1-4 ha, 4-10 ha, 10-25 ha, 25-40 ha, plus de 40 ha.

L'**intervalle de temps entre le terrain et l'observation des photographies** était de 6 à 12 ans avec une moyenne à 8,6 ans. Dans cette contribution, la période moyenne concernée est 1980-1988 mais les périodes extrêmes sont 1974-1983 et 1988-1994. Les valeurs sont ramenées à l'année.

L'application de cette méthode permet d'obtenir des résultats statistiques avec un intervalle de confiance (à 95 %) au niveau national de l'ordre de 2,4 %, ce qui est relativement précis (évaluation à

quelques milliers d'hectares près). L'erreur opératoire, liée à la qualité de la photo-interprétation, n'est pas quantifiée.

La méthode permet de fournir des données sur les coupes rases et fortes selon les critères suivants :

- type de coupe ;
- classe de surface ;
- classe de propriété ;
- essence dominante ;
- région administrative.

Ce travail, mené en 1998-1999, permet de disposer d'une vision assez précise des coupes rases et fortes pendant la décennie 1980. Cependant, il est difficile d'envisager la répétition de l'exercice à l'échelle nationale à une autre période sans recourir à nouveau à une photo-interprétation des placettes d'inventaire faites dans le passé sur le terrain. En effet, avant les années 1980, peu de départements avaient deux cycles d'inventaire disponibles et après 1999, il n'a pas semblé approprié de combiner des départements inventoriés deux fois avant les tempêtes Lothar et Martin et d'autres inventoriés avant et après. À compter de 2005, avec l'adoption de l'inventaire annuel et systématique, cette méthode de comparaison de photographies aériennes a été abandonnée.

1.1.3.2 Quelle information peut-on tirer des données actuelles de l'inventaire forestier national ?

À compter de 2005, la méthode d'inventaire forestier national, toujours à deux phases statistiques, a évolué pour inventorier chaque année, de manière systématique, l'ensemble du territoire métropolitain. De 2005 à 2009, les placettes d'inventaire n'étaient inventoriées qu'une seule fois. **À partir de 2010, les placettes inventoriées 5 ans auparavant ont fait l'objet d'une deuxième visite systématique pour quantifier les prélèvements** : les arbres vivants vus en première visite sont notés coupés ou non en deuxième visite. **À partir de 2015, la deuxième visite sur le terrain s'est enrichie de nombreuses informations** dont le type de coupe et les travaux faits sur la placette depuis la visite précédente et de mesures et observations sur les arbres recensés cinq ans auparavant.

Les informations collectées sur la place d'inventaire lors de la première visite permettent de décrire :

- le type d'intervention réalisée depuis moins de 5 ans selon le taux de couvert initial disparu :
 - coupe enlevant plus de 90 % du couvert libre, recensable et vivant avant la coupe ;
 - coupe enlevant plus de 50 à 90 % du couvert libre, recensable et vivant avant la coupe ;
 - coupe enlevant de 15 à 50 % du couvert libre, recensable et vivant avant la coupe ;
 - coupe enlevant moins de 15 % du couvert libre, recensable et vivant avant la coupe ;
- l'essence coupée ;
- les caractéristiques géographiques et stationnelles du peuplement.

Les résultats sont donnés avec un intervalle de confiance, ce qui est un progrès vis-à-vis des données anciennes, où celui-ci n'était pas calculé en routine.

Les limites de la caractérisation des coupes en première visite résident dans le fait qu'il est difficile d'identifier précisément si une coupe a moins ou plus de 5 ans et quel était le couvert réel des arbres qui ont été coupés.

À l'avenir, la mobilisation complète et détaillée des données deuxième visite permettra de résoudre le problème de la temporalité puisque les changements ont tous eu lieu entre la première et la deuxième visite et que l'on dispose au jour près de l'information sur ces dates de visite. De plus, les informations de première visite de tous les arbres étant disponibles, cela fournit des informations supplémentaires

relatives aux arbres coupés (essence, circonférence, état de végétation initial, etc.) À l'heure actuelle, il n'est pas encore possible d'utiliser pleinement ces données en raison des limites de la structure actuelle des bases de données de l'IFN, dont l'évolution est envisagée sur les prochaines années. Néanmoins, une comparaison partielle avec les résultats obtenus sur les placettes première visite permet de montrer que les résultats sont très semblables.

Il convient néanmoins de noter qu'en première ou deuxième visite :

- la taille de la placette d'observation de l'inventaire forestier reste la même, c'est-à-dire 0,2 ha environ (cercle de 25 m de rayon) ;
- la nomenclature employée est analytique (et non « sylvicole ») et se fonde uniquement sur le pourcentage de couvert libre, recensable et vivant avant la coupe.

Ceci permet depuis 2005 (i) une caractérisation de la situation au niveau de la placette d'inventaire selon des critères objectifs et (ii) une meilleure répétabilité de l'information en se basant strictement sur la placette d'observation de 0,2 ha.

La mobilisation de ces données permet de fournir aux échelles de restitution habituelles de l'inventaire (national, régional, GRECO, SER) diverses informations sur les zones coupées. **Cette approche ne permet cependant pas de caractériser précisément le type de coupe, ni la surface unitaire de la coupe.** Le service de l'information statistique forestière et environnementale de l'IGN s'est donc penché sur la faisabilité d'un travail supplémentaire visant à déterminer la taille unitaire des coupes voire leur nature, ce qui n'est pas toujours possible sur une placette d'inventaire de faible taille. Si on prend l'exemple d'un peuplement d'épicéas qui a fait l'objet d'une coupe « rase » de l'ensemble des épicéas présents, la placette d'inventaire peut tomber sur une partie de la parcelle où les épicéas ont été prélevés mais où les quelques feuillus présents ont été conservés ; la placette ne reflète alors pas l'ensemble de la coupe dans laquelle elle est située.

Une méthode a été mise au point pour permettre de photo-interpréter à une date proche du deuxième passage de l'inventaire toutes les placettes où une coupe a été notée. On peut alors déterminer une taille de coupe et identifier s'il s'agit d'une coupe rase ou non et également mieux appréhender l'effet cumulatif des coupes rases dans le paysage et leur organisation spatiale. Afin de disposer de données proches de la date terrain, le choix s'est porté sur les images Sentinel-2²⁸ (voir Volet 1, Thème 2, « Question 2. Quel est l'apport de l'imagerie satellitaire dans le suivi des coupes rases ? »). L'objectif est d'utiliser ces images Sentinel-2 sans avoir à les télécharger, car la zone d'intérêt est très réduite par rapport à la taille de chaque image. La phase de photo-interprétation qui suit la phase de développement de la méthode n'a pu être mise en œuvre dans le cadre de cette expertise en raison du manque de disponibilité des photo-interprètes de l'IGN, mais elle pourrait l'être dans les prochaines années en fonction des priorités assignées à l'IGN.

Il faut cependant noter qu'il **ne sera pas possible de distinguer de manière directe si la coupe est une coupe qui intervient dans la sylviculture ordinaire de la forêt concernée ou s'il s'agit, par exemple, d'une coupe sanitaire.** Pour cela, le recoupement avec des données provenant des gestionnaires (plan de gestion spatialisé), de données complémentaires sur l'état des peuplements (cartes « sanitaires ») et/ou des indices provenant des arbres récoltés (coupes d'arbres qui n'ont par exemple pas atteint le diamètre attendu) sera indispensable pour fournir des indications utiles, à condition bien entendu que ces informations soient bien décrites et structurées. Il en sera de même pour des coupes liées à des événements comme des tempêtes et des incendies qui peuvent marquer de manière très importante

²⁸ Sentinel-2 est une constellation de deux satellites d'observation de la terre de l'Agence spatiale européenne développée dans le cadre du programme Copernicus dont un satellite a été mis en orbite en 2015, l'autre en 2017. Ces satellites embarquent des outils d'observation adaptés au suivi de la forêt avec une résolution spatiale minimum de 10 mètres et une fréquence de revisite d'environ 5 jours.

le paysage. Cependant, dans ces cas de figure, il sera peut-être plus facile de distinguer ce qui relève de l'évènement ou de la sylviculture courante avec des données auxiliaires disponibles plus nombreuses et homogènes (carte des dégâts de tempête, contours des zones incendiées, etc.).

N.B : Outre ces informations qui relèvent d'un flux, il est également possible, comme avant 2004, de disposer d'informations sur la surface de forêt momentanément déboisée, c'est-à-dire d'une variable d'état. Il s'agit d'une donnée classant le peuplement présent sur la placette d'inventaire en 3 catégories (peuplement recensable, non recensable, momentanément déboisé). La catégorie « momentanément déboisé » correspond à un peuplement dont le couvert par des arbres est temporairement au-dessous du seuil de couvert de 10 %, hors plantation, même très jeunes. Sauf exception, la période temporaire est de cinq ans.

Ce sont souvent les variables d'état et non de flux qui ont été mobilisées pour le calcul des indicateurs de gestion durable²⁹ et particulièrement une autre variable d'état relative à la structure du peuplement (indicateur 1.1.3).

1.1.3.3 Prise en compte des coupes liées à des évènements exceptionnels

Les premières données analysées correspondent à des données antérieures à 1999 et ne tiennent donc pas compte des tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999. Pour les données les plus récentes, elles n'intègrent que partiellement les coupes liées à la tempête Klaus. En effet, seules les coupes liées à Klaus réalisées après 2011 sont incluses dans les données fournies avec la méthode consistant à observer des coupes de moins de 5 ans. Par contre, les coupes liées aux crises sanitaires récentes sont toutes comptabilisées dans les chiffres présentés, sans qu'il soit possible de les isoler de l'ensemble.

1.1.3.4 Perspectives dans le domaine de la connaissance sur les coupes rases

Les travaux menés montrent qu'il est tout à fait possible, sur la base de l'IFN avec les images Sentinel-2, de quantifier la taille des coupes rases et d'y associer de nombreuses caractéristiques venant des données terrain. Ce travail pourrait être conduit en routine chaque année pour quantifier et qualifier l'année n+1, aux échelles habituelles de l'inventaire forestier (national, régional, GRECO), les coupes rases qui ont été faites sur les cinq dernières années. D'autres pistes sont également envisageables avec une automatisation de ce processus grâce à l'intelligence artificielle, au recours à des différences de modèles numériques de surface dérivés de photogrammétrie ou à la combinaison des deux.

Cela permettrait de fournir des informations de même type que celles disponibles pour la décennie 1980 mais avec une meilleure maîtrise de la précision temporelle (à l'année pour des chiffres nationaux). Il serait également possible d'y associer des données auxiliaires externes relatives par exemple aux aires protégées, aux forêts anciennes ou aux vieilles forêts, afin de disposer de statistiques pour ces zones. La même logique pourrait être suivie pour distinguer les coupes issues d'un choix du sylviculteur, de celles liées à un évènement exceptionnel ou aux conséquences d'un évènement de ce type (tempête, incendie, crise sanitaire).

Une meilleure valorisation de la couche produite par l'INRAE (voir « Question 2. Quel est l'apport de l'imagerie satellitaire dans le suivi des coupes rases ? » et « Question 3. Quels pourraient être l'objectif et les composantes d'un système opérationnel de suivi régulier des coupes rases et fortes en France métropolitaine ? ») sur les coupes rases est également à étudier. En effet, si l'approche statistique proposée est valorisable à l'échelle nationale, elle sera insuffisante pour répondre à des

²⁹ Consultables ici : <https://foret.ign.fr/IGD/fr/rapports>

problématiques locales. Coupler la production d’une carte nationale des coupes rases avec une analyse renforcée au niveau des placettes de l’inventaire forestier nationale permettrait :

- de disposer de données de superficie utilisables au niveau local, aux diverses échelles de territoires ;
- de disposer d’informations plus détaillées (essences, description des peuplements concernés) au niveau régional ou national.

1.1.4 Quelques caractéristiques des peuplements faisant l’objet de coupes rases ou fortes

Dans cette partie, nous fournissons quelques caractéristiques des peuplements faisant l’objet de coupes qualifiées ici de coupes rases ou fortes. En l’absence de la caractérisation de la taille de la coupe, **il s’agit**, comme décrit plus haut, pour les informations post-2005 **de chiffres liés à une disparition d’au moins la moitié du couvert sur la superficie de la placette inventoriée (0,2 ha). Ce sont donc des chiffres dont l’interprétation peut être délicate.**

1.1.4.1 Les coupes rases et les coupes fortes dans les années 1980 selon l’IFN

Ce paragraphe vise à donner quelques grands chiffres sur les coupes rases et fortes sur la période 1980-1988. L’ensemble de ces chiffres est issu de l’article de Barthod *et al.* 1999. Ces chiffres pourront pour certains être comparés dans un second temps à ceux disponibles pour la période 2016-2020.

Pendant la période 1980-1988, les coupes rases et les coupes fortes ont concerné, selon les estimations « ancienne méthode », une superficie d’environ 104 300 ha/an, avec une surface unitaire moyenne de 2,1 ha. Ces coupes se répartissaient en 14 900 ha de coupe suivie d’un défrichement, de 36 800 ha de coupe définitive, de 27 800 ha de coupes rases avant plantation, de 3 300 ha de coupe rase en attente d’action sylvicole et de 21 500 ha de coupes fortes selon les définitions IFN (voir Tableau 2.1.1-2). **Les coupes rases hors défrichement) ont donc été estimées à 31 100 ha/an pour cette période.**

Sur 48 900 « chantiers » de coupes rases ou fortes annuels, 36 500 (75 %) étaient d’une taille inférieure à 1 ha. Les autres « chantiers » représentaient néanmoins 55 à 73 % de la superficie des coupes fortes et rases.

Tableau 2.1.1-2 : Synthèse sur les coupes rases et fortes (période moyenne 1980-1988)

Type de coupe	Surface annuelle (ha/an)	Nombre annuel de chantiers	Surface			
			Moyenne unitaire (ha)	> 1 ha	Entre 1 et 4 ha	> 4 ha
1 - Défrichement	14 900	11 000	1,4			
2 - Coupe rase non suivi de l’installation d’un peuplement	3 300	3 300	1			
3 - Coupe définitive, y compris de taillis, accompagnée par l’installation naturelle d’un peuplement	36 800	17 200	2,1			
4 – Coupe rase suivie d’une plantation (ou de travaux préparatoires)	27 800	6 300	4,4			

5 - Coupe totale des interbandes dans un reboisement en bande	1 000	230	4,4			
6 - Coupe totale de l'étage dominant	3 200	1 470	2,2			
7 - Coupe forte ayant enlevé plus de 50 % de l'étage dominant, mais pas tout l'étage dominant	17 300	9 400	1,8			
Total	104 300	48 900	2,1	36 500	7 300	5 100

La répartition des superficies par propriété était sensiblement similaire à celle de la répartition de la propriété de la forêt dans son ensemble avec 10,7 % des coupes en forêt domaniale, 13,1 % en autre forêt publique et 76,2 % en forêt privée. La surface unitaire des coupes rases et fortes était cependant plus élevée en forêt domaniale (3,7 ha) que dans les autres forêts publiques (3,3 ha) et dans les forêts privées (1,9 ha), ce qui peut s'expliquer par des propriétés et des unités de gestion plus étendues.

Dans le cas des coupes rases (hors défrichement) et des coupes définitives, la répartition était la suivante : 7 900 ha/an en forêt domaniale, 9 000 ha/an dans les autres forêts publiques, 51 000 ha/an dans les forêts privées, soit également une répartition des superficies par propriété similaire à celle de la répartition de la propriété de la forêt dans son ensemble.

Un **taux de coupes rases et fortes** était calculé pour les régions administratives⁶ (surface de coupes rases et fortes par an rapporté à la superficie de la forêt régionale). La **moyenne nationale était de 0,8 % passée en coupe chaque année, avec de très fortes disparités régionales**. Les régions où l'on constatait le plus fort taux de coupe (>1%) étaient celles avec des peuplements à croissance rapide et révolution courte (notamment les pins dans les régions Aquitaine, Pays de Loire, Poitou-Charentes, Bretagne) et où la régénération naturelle occupait une place plus faible ; on trouvait ensuite des régions historiquement très boisées (Lorraine, Alsace), mais aussi des régions qui ont bénéficié du Fonds forestier national (Limousin). Au niveau départemental, les Landes et la Gironde cumulaient à eux deux un cinquième des superficies de coupes fortes ou rases.

Les **conifères**, qui occupaient **36,9 % de la surface forestière** représentaient **43,2 % de la superficie des coupes étudiées**. Les surfaces annuelles de coupe étaient, pour celles qui dépassaient les 4 000 ha, les suivantes : chêne rouvre et pédonculé (30 600 ha), pin maritime (23 900 ha), pin sylvestre (9 000 ha), hêtre (8 100 ha), chêne pubescent (5 200 ha), sapin pectiné (4 200 ha), épicéa commun (4 000 ha). Comparées à la surface totale de l'essence dans la forêt française, ces données permettaient de calculer le pourcentage et la durée de révolution apparente⁷.

Enfin Barthod *et al.* (1999) avaient analysé les **coupes de grande taille réalisées en une seule fois ou en plusieurs coupes contiguës sur la période observée**. Il s'agissait alors environ d'une centaine de sites par an dont la taille dépassait les 40 ha. C'est dans les forêts publiques, qui constituaient alors 25 % des forêts, qu'étaient effectuées 38 % de ces très grandes coupes. La localisation des surfaces concernées permettait de supputer pour certaines coupes un lien avec des aléas majeurs : gel de 1985 dans le massif landais, tempête de 1982, incendies, dépérissements. Pour d'autres, aucune explication de ce type n'avait pu être avancée.

⁶ Il s'agit des 22 anciennes régions administratives (d'avant 2016)

⁷ La révolution apparente est calculée à partir du ratio surface coupée/surface totale. Par exemple pour le pin maritime le pourcentage était de 1,84 soit un renouvellement de l'essence en 1/0,0184 soit 55 ans.

1.1.4.2 Les coupes affectant plus de 50 % du couvert initial de l'étage dominant sur la période récente (2011-2020) selon l'IFN

Cette section vise à donner quelques grands chiffres sur les coupes affectant plus de 50 % du couvert initial sur la période récente.

1.1.4.2.1 Généralités

Pour la période 2011-2020, les estimations donnent environ 93 000 ha de coupes fortes de l'étage dominant par an, avec une part non connue de coupes rases *stricto sensu* pour les raisons méthodologiques évoquées plus haut. Cette estimation est proche des surfaces estimées dans les années 1980 mais il faut garder à l'esprit les incertitudes liées au changement de méthode et aux différences de définitions.

Les coupes qui **enlèvent plus de 90 % du couvert représentent 67 000 ha/an** et celle qui enlèvent 50 à 90 % du couvert représentent 26 000 ha/an. Il faut ajouter à ces chiffres les coupes avec défrichement dont la superficie n'est pas estimée jusqu'à présent par une méthode éprouvée par l'IGN.

Le chiffre de 67 000 ha/an pour la période 2011-2020 est à comparer à celui de 67 900 ha/an pour les années 1980-1988 (voir Tableau 2.1.1-2) correspondant au total des trois types de coupes suivants : « Coupes rase suivie d'une plantation (ou de travaux préparatoires) » (27 800 ha), « Coupe rase non suivi de l'installation d'un peuplement » (3 300 ha), et « Coupe définitive, y compris de taillis, accompagnée par l'installation naturelle d'un peuplement » (36 800 ha).

Cependant un flux annuel d'un ordre de grandeur comparable pour les deux périodes peut cacher des variations entre, notamment, types de propriétés, régions, ou essences (voir ci-après) qu'il n'est pas possible de retracer de façon fine.

La comparaison avec les données issues de la cartographie des coupes rases (voir « **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** »), en ne prenant en compte dans les données IGN que les coupes de plus de 90 % de l'étage dominant et les défrichements, donne un résultat de l'ordre de 80 000 ha par an pour les deux sources d'information sur la période 2016-2020.

Sur la période 2011-2020, le volume prélevé dans la forêt métropolitaine s'élève à 51 Mm³/an. Une petite moitié de ce volume provient de coupes de plus de moitié de l'étage dominant (24,6 Mm³) dont **36 % de coupes de plus de 90 % de l'étage dominant (18,3 Mm³)**.

1.1.4.2.2 Analyse par catégorie de propriété

La **répartition par propriété** montre que les coupes affectant plus de 90 % du couvert sont surreprésentées (i) en forêt privée, avec 87 % de la surface pour 76 % de la superficie forestière et (ii) particulièrement dans les forêts privées avec un PSG⁸ qui représentent un tiers de ces surfaces alors qu'elles ne représentent que 15 % des forêts. Cela est dû pour une grande part aux superficies importantes de forêts privées avec PSG dans le massif des Landes de Gascogne où se pratique la sylviculture du pin maritime.

Les coupes de 50 à 90 % de l'étage dominant se répartissent de manière plus similaire à la répartition globale des surfaces forestières même si les forêts publiques y sont légèrement sous-représentées.

⁸ Il s'agit ici d'une information de 2018 relative aux PSG.

Ainsi, la part de la forêt privée où se pratique des coupes de plus de 50 % de l'étage dominant semble avoir progressée depuis les années 1980.

La part de la surface annuelle des coupes de plus de 90 % de l'étage dominant sur la surface totale de la forêt de production est également variable selon la catégorie de propriété (voir Figure 2.1.1-1). Elle est inférieure à la moyenne nationale pour les forêts publiques (respectivement 0,3 % en forêt domaniale et 0,2 % dans les autres forêts publiques). Ce pourcentage est de 0,4 % en forêt privée hors PSG et atteint 0,9 % en forêt privée avec PSG.

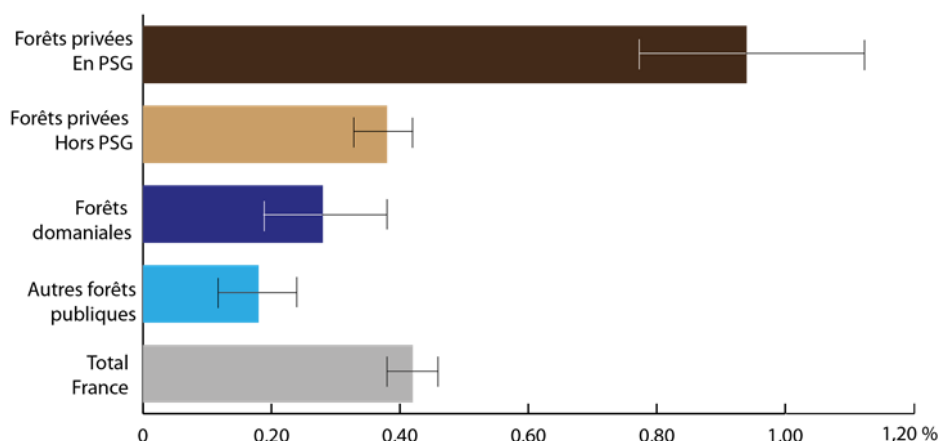


Figure 2.1.1-1 : Part de la surface annuelle des coupes de plus de 90 % de l'étage dominant sur la surface totale de la forêt de production – Période 2011-2020

Entre les années 1980 et les années 2010, la proportion de coupes de plus de 90 % du couvert de l'étage dominant en forêt publique a nettement baissé par rapport à la forêt privée.

N.B : le suivi par l'ONF en forêt relevant du régime forestier confirme cependant une hausse sensible des coupes fortes de l'étage dominant en 2020 en lien avec les problèmes sanitaires (scolytes sur épicéa notamment) (voir « Question 1.2. Quels enseignements peut-on tirer des données opérationnelles de l'ONF sur les coupes rases ? »).

Tableau 2.1.1-3 : Répartition des surfaces selon le type de coupe par classe de propriété en forêt de production sur la période 2011-2020 (estimation $\pm$ erreur statistique à 95 %)

Propriété	Surface annuelle (1000 ha) des coupes de plus de 90 % du couvert	Surface annuelle (1000 ha) des coupes de 50 à 90 % du couvert	Surface forestière totale (1000 ha)	Ratio (surface annuelle des coupes de plus de 50 % de l'étage dominant/surface de forêt de production)	Ratio (surface annuelle des coupes de plus de 90 % de l'étage dominant/surface de forêt de production)
Forêt domaniale	4,9 $\pm$ 1,4	1,8 $\pm$ 0,9	1407 $\pm$ 35	0,4	0,3
Autres forêts publiques	4,5 $\pm$ 1,5	3,3 $\pm$ 1,2	2507 $\pm$ 40	0,3	0,2
Forêt privée (avec PSG)	22,2 $\pm$ 4,1	4,8 $\pm$ 1,8	2 354 $\pm$ 77	1,1	0,9
Forêt privée (sans PSG)	36,7 $\pm$ 4,4	15,8 $\pm$ 3,0	9 750 $\pm$ 113	0,5	0,4
Total	67,4 $\pm$ 6,0	25,7 $\pm$ 3,7	16 019 $\pm$ 116	0,6	0,4

1.1.4.2.3 Analyse par région

L'analyse par **région administrative** de la **superficie avec des coupes de l'étage dominant de plus 50 % du couvert** montre que :

- la Nouvelle-Aquitaine concentre à elle seule 47 % des coupes avec une coupe de l'étage dominant de plus de 50 %, soit environ 40 000 ha/an, dont environ 30 000 ha en Aquitaine et 6 000 ha/an dans le Limousin ;
- la deuxième région est Auvergne-Rhône-Alpes avec environ 10 000 ha/an ;
- le ratio national (surface annuelle des coupes de plus de 50 % de l'étage dominant/surface forestière de production) est de 0,6 %, à comparer avec 1,4 % en Nouvelle-Aquitaine et 1 % dans les Hauts-de-France.
- ce ratio est faible ($\leq 0,3$ %) en Occitanie, en Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Corse.

Comparativement aux estimations de « l'ancienne méthode », les surfaces des coupes rases et fortes au sein du massif landais jouent toujours un rôle prépondérant. Il est difficile de dégager une évolution significative pour les autres massifs. A ce titre, on note que la récolte des peuplements du Fonds forestier national, arrivés pour certains à maturité, n'apparaît pas encore clairement dans les résultats obtenus.

La même analyse conduite pour les coupes de plus de 90 % de l'étage dominant donne les résultats suivants :

- la Nouvelle-Aquitaine concentre à elle seule 51 % des coupes avec une coupe de l'étage dominant de plus de 90 % (voir Figure 2.1.1-2), soit environ 34 000 ha/an, dont environ 27 000 ha en Aquitaine et 4 000 ha/an dans le Limousin ;
- la deuxième région est Auvergne-Rhône-Alpes avec environ 7 000 ha/an ;
- le ratio national (surface annuelle des coupes de plus de 90 % de l'étage dominant/surface forestière de production) est de 0,4 %, à comparer avec 1,2 % en Nouvelle-Aquitaine et 0,7 % dans les Hauts-de-France (voir Figure 2.1.1-3).
- ce ratio est faible ($\leq 0,2$ %) en Occitanie, en Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Corse.

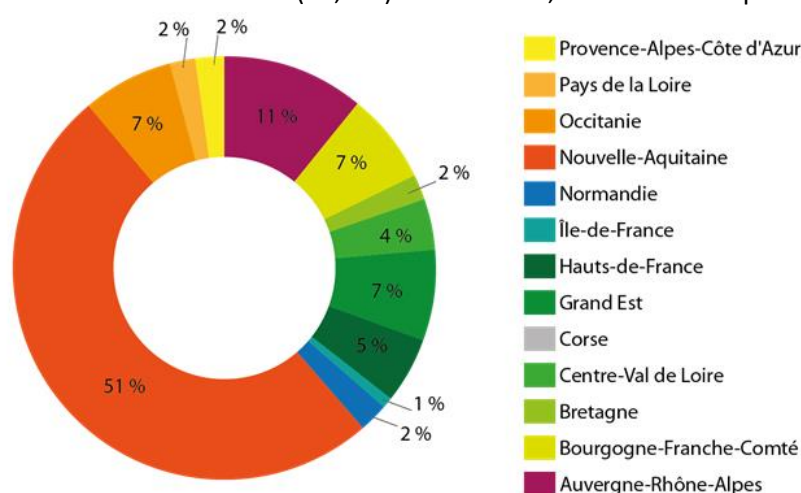


Figure 2.1.1-2 : Répartition par région administrative de la surface des coupes de plus de 90 % du couvert de l'étage dominant

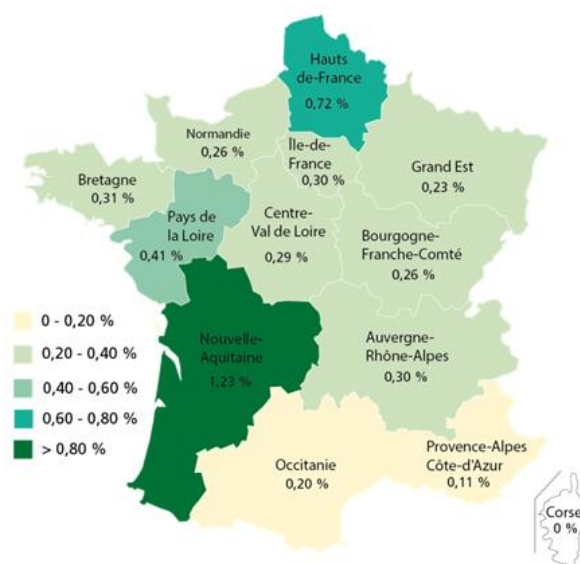


Figure 2.1.1-3 : Part par région administrative de la surface annuelle des coupes de plus de 90 % de l'étage dominant sur la surface totale de la forêt de production – Période 2011-2020

1.1.4.2.4 Analyse par essence

Les coupes rases et fortes se répartissent de la façon suivante selon les essences pour la période 2011-2020 : 28 400 ha/an pour le pin maritime (31 %), 8 800 ha/an pour le châtaignier (10 %), 7 600 ha/an pour l'épicéa commun (8 %), 7 400 ha/an pour le chêne pédonculé (8 %), et 5 400 ha/an (6 %) pour le peuplier cultivé.

Pour les coupes de plus de 90 % de l'étage dominant (Figure 2.1.1-4), la répartition par essence pour la période 2011-2020 est la suivante : 25 000 ha/an pour le pin maritime (37 %), 6 000 ha/an pour le châtaignier (9 %), 5 200 ha/an pour l'épicéa commun (8 %), 3 900 ha/an pour le chêne pédonculé (6 %), et 4 900 ha/an (7 %) pour le peuplier cultivé.

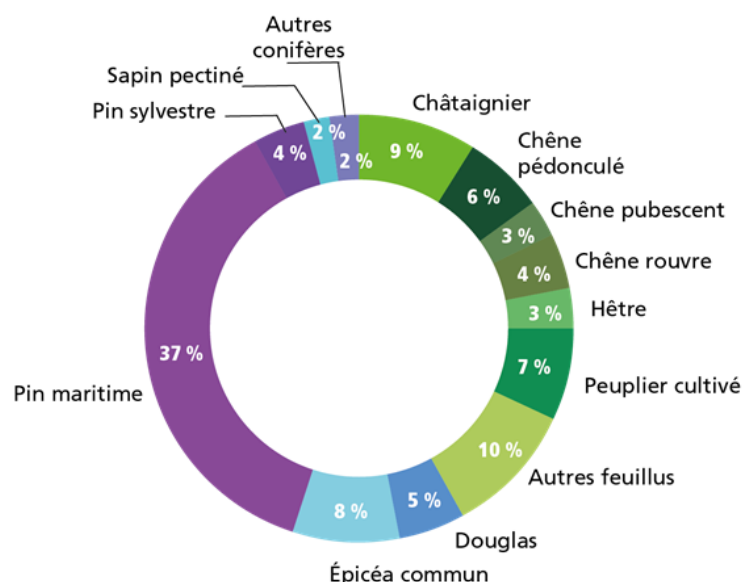


Figure 2.1.1-4 : Répartition par essence coupée de la surface des coupes de plus de 90 % du couvert de l'étage dominant

L'analyse d'une période plus récente (période 2016-2020) montre des surfaces nettement supérieures pour l'épicéa commun, qui s'expliquent par la crise sanitaire et les coupes récentes associées due aux scolytes dans les pessières du Nord-Est. Cependant, la part des coupes liées à des problèmes

phytosanitaires ne peut être distinguée avec cette approche. Parallèlement, les surfaces sont légèrement inférieures pour le pin maritime.

Une comparaison avec l'analyse conduite sur 1980-1988 montre une augmentation pour le pin maritime, le châtaignier et l'épicéa commun mais plutôt une diminution pour les chênes rouvre et pédonculé.

1.1.4.2.5 Analyses combinées

Il est également instructif de combiner à la fois classe de propriété, région géographique et essence, bien que la précision statistique de l'inventaire soit faible pour une part importante de ces combinaisons. De même, l'analyse de l'évolution dans le temps est réalisable même si les évolutions constatées sont rarement statistiquement significatives.

La valeur est néanmoins par exemple significative pour le pin maritime en forêt privée en Nouvelle-Aquitaine avec 21 600 ha/an ($\pm 3\,600$ ha/an) de superficie avec une coupe de l'étage dominant de plus de 90 % de moins de 5 ans sur la période 2011-2020. En termes d'évolution, les surfaces avec une coupe de plus de 90 % de l'étage dominant de moins de 5 ans pour le pin maritime (France entière) sont de 25 000 ha/an ($\pm 4\,000$ ha/an) sur la période 2011-2020. Ce chiffre était plus élevé sur la période 2006-2015, période qui englobe la tempête Klaus de 2009, avec une superficie de 44 600 ha/an ($\pm 4\,800$ ha/an).

Ces différents chiffres permettent cependant de mettre en perspective les coupes de plus de 50 % ou de plus de 90 % de l'étage dominant dans le panorama global de la forêt française. Il est attendu un certain nombre d'améliorations de la connaissance sur ce sujet : d'une part, grâce à une valorisation accrue des informations issues des deuxièmes visites sur les points d'inventaire et d'une caractérisation par photo-interprétation de la taille des coupes, d'autre part, grâce au croisement avec des informations complémentaires liées à la gestion et à l'état sanitaire des peuplements.

1.1.5 Conclusion et perspectives

La question à laquelle cette contribution a visé à répondre, qui porte sur l'apport des données d'inventaire forestier, appelle tout d'abord une réponse sous forme de mise en garde : pour éviter les confusions autour du sujet des « coupes rases », il est crucial de bien définir l'objet d'étude. Cette synthèse a porté sur toutes les coupes ayant prélevé plus de la moitié du taux de couvert de l'étage dominant. Ceci inclut des coupes rases au sens sylvicole, qu'il a été possible de distinguer avec les données d'inventaire dans les années 1980, mais qui sont aujourd'hui incluses et non différenciables dans l'ensemble plus vaste décrit.

À la question de l'évolution des coupes rases depuis les années 1980, on peut conclure que **les informations de l'IFN sur les coupes rases et fortes sur la période s'étendant des années 1980 aux années récentes (2011-2020) ne montrent pas une augmentation notable pendant cette période**, et s'établissent à environ 90 000 ha/an (dont 67 000 ha/an pour les coupes de plus de 90 % de l'étage dominant). **La surface de coupes rases au sens sylvicole du terme, estimée à 31 100 ha/an dans les années 1980, ne peut être estimée pour la période récente** pour les mêmes raisons.

Parmi les perspectives envisageables, on peut mentionner à court terme la possibilité, grâce au complément apporté par la télédétection, de qualifier la taille des coupes rases et fortes, comme cela avait cours dans les années 1980 à partir de photographies aériennes.

Il reste à mettre en place un système plus complet de suivi des coupes rases comme décrit par ailleurs (voir « Question 3. Quels pourraient être l'objectif et les composantes d'un système opérationnel de suivi régulier des coupes rases et fortes en France métropolitaine ? »). De même, la mise en relation des données

issues de l'IFN avec les informations de gestionnaires forestiers (voir « Question 1.2. Quels enseignements peut-on tirer des données opérationnelles de l'ONF sur les coupes rases ? ») demande des travaux complémentaires car ces dernières reposent sur des objectifs et des modes de collecte d'information très différents.

1.1.6 Références bibliographiques

Barthod, C., Pignard, G., Guérin, F., Bouillon-Penrois, E., 1999. Coupes fortes et coupes rases dans les forêts françaises. *Revue forestière française* 51, 469–486. <https://doi.org/10.4267/2042/5456>

Bouriaud, O., 2020. Échantillonnage et estimation dans l'Inventaire Forestier National. Essai de reconstruction et formalisation. (Rapport de recherche). Institut National de l'Information Géographique et Forestière; Laboratoire d'Inventaire Forestier.

IGN, 2022. Méthodologie - Pour bien comprendre les résultats publiés.

Volet 1 | Thème 2. Connaissance et suivi des coupes rases

Question 1.2. Quels enseignements peut-on tirer des données opérationnelles de l'ONF sur les coupes rases ?

Sommaire

1.2.1 Contexte et problématique	65
1.2.2 Définitions et méthodologie de suivi des coupes pour les forêts publiques	65
1.2.3 Matériel et méthodes	66
1.2.4 Résultats des analyses des types de coupes en forêts publiques	67
1.2.4.1 Répartition des surfaces annuelles selon les types de coupes (éclaircies, régénération)	67
1.2.4.2 Évolution des surfaces parcourues en désignation entre 2017 et 2020	67
1.2.4.3 Analyse des différentes coupes de régénération (y compris les coupes rases)	67
1.2.4.4 Quels sont les principaux types de peuplements concernés par les coupes rases et sanitaires ?	68
1.2.4.5 Distribution de la taille des coupes	69
1.2.5 Discussion et perspectives	70
1.2.6 Références bibliographiques	71

Rédacteurs

Brigitte **Pilard-Landeau**, Office national des forêts, Gestion durable et multifonctionnelle des forêts, Maisons-Alfort (94), France

Edouard **Jacomet**, Office national des forêts, Gestion durable et multifonctionnelle des forêts, Maisons-Alfort (94), France

Contributeur

Jean-Marie **Michon**, Office national des forêts, Gestion durable et multifonctionnelle des forêts, Maisons-Alfort (94), France

1.2.1 Contexte et problématique

Dans un contexte où la pratique des coupes rases est parfois contestée par le public au niveau local mais aussi de façon plus générale (voir Volet 1, Thème 3, « Question 3. Quels niveaux et modes actuels de mobilisation en France (2015-2021) ? »), cette contribution vise à clarifier cette notion du point de vue de l'opérateur public ONF et propose une première évaluation des coupes rases en forêt publique à partir de sa base de données de suivi des coupes.

1.2.2 Définitions et méthodologie de suivi des coupes pour les forêts publiques

Coupes rases : définitions appliquées en forêt publique.

Remarque liminaire : de manière générale, toute coupe correspond à une **décision** et ce qui suit la coupe traduit une **intention de gestion** ; ainsi, une coupe de régénération s'inscrit dans un processus de rajeunissement d'un peuplement forestier ayant atteint sa maturité technico-économique et sa capacité à former une nouvelle génération d'arbres est évaluée dans ce processus.

La **coupe totale** du peuplement, qualifiée de **coupe rase**, s'inscrit le plus souvent dans un processus de **régénération artificielle** qui peut intervenir dans plusieurs situations :

- le renouvellement de l'essence en place par la **même essence**, essence pouvant avoir fait l'objet d'une **amélioration génétique** ;
- le remplacement d'une essence par une autre, généralement parce qu'elle est jugée mieux adaptée à la station ou au climat futur : on parle de **transformation** du peuplement ;
- la situation du peuplement en place ne permet pas d'espérer le renouvellement naturel du peuplement : essence qui ne fructifie plus ; densité de semenciers trop faible ; déséquilibre

forêt-gibier marqué. La situation est qualifiée d'**impasse sylvicole**. La plantation aura recours à la même essence ou à une essence différente (transformation).

La coupe rase peut aussi, quoique moins fréquemment, s'inscrire dans un itinéraire de **régénération naturelle**. On peut lister :

- la **coupe définitive directe** de pins (sylvestre ou maritime) notamment, quand la banque de graines (présentes dans le sol) de l'essence en place est suffisante pour une régénération ;
- la **coupe d'ensemencement par bandes** ;
- la coupe suivie d'un ensemencement par les arbres du **peuplement voisin** quand ce choix est possible (cas des espèces d'arbres à graines légères).

Les bois désignés (voir « désignation », ci-après) issus d'événements météorologiques ou d'attaques biotiques sont des produits ou des coupes de produits accidentels.

Une partie des coupes pratiquées en forêt publique ne sont pas répertoriées par l'ONF parmi les coupes rases, bien que leur effet visuel puisse parfois conduire le public à les identifier comme telles. On peut lister :

- la **coupe de régénération** dite **définitive** qui succède aux coupes d'ensemencement d'une futaie programmées au vu de l'acquisition des semis dans le temps ;
- les coupes s'inscrivant dans un itinéraire de régénération naturelle : (i) la **coupe définitive directe sans coupes préalables** et (ii) la **coupe d'ensemencement par bandes** décrites ci-dessus, (iii) la coupe définitive sans semis après **échec de la régénération naturelle**, ou encore (iv) les coupes de régénération naturelle par **câble** ;
- la coupe de **taillis** ;
- la **coupe sanitaire de régularisation** après un accident (feu, tempête, etc.) ;
- les ouvertures de **cloisonnement**.

L'usage de ces différentes coupes est décrit dans la plupart des guides de sylviculture de l'ONF.

Enfin, ne sont pas non plus répertoriées parmi les coupes rases sylvicoles, les coupes liées à un **changement d'usage du sol**, notamment :

- les coupes liées aux **équipements et infrastructures existants** : élargissement d'emprises de routes, déboisement sous ligne électrique, etc. ;
- les coupes d'emprise pour la création d'**infrastructures nouvelles** : places de dépôts ; équipements liés à l'accueil du public ; pare-feux ; projets de concessions de type éolien ; photovoltaïque ; opérations de déboisement préalables à un échange foncier pour des grandes infrastructures.

Désignation : action par laquelle sont définies les tiges à exploiter en vue d'une coupe à venir.

État d'Assiette des coupes : d'après le code forestier (partie applicable aux forêts soumises au Régime Forestier), il s'agit de la liste des coupes à désigner au titre d'une année millésimée en en fixant les caractéristiques.

1.2.3 Matériel et méthodes

Les données renseignées lors de la désignation des coupes par les techniciens forestiers alimentent le **système d'information ONF** dont l'analyse permet de quantifier les surfaces parcourues par type de coupe, par propriété, par territoire ou encore par type de peuplement.

Les informations utilisées sont issues de la base de données de l'outil interne de la chaîne d'approvisionnement du bois appelé « Production Bois » mis en place depuis 2017. Ce sont les données renseignées lors de la désignation après instruction de l'État d'Assiette des coupes. Les principales variables étudiées sont la **surface parcourue** lors de la désignation, le **type de coupe** issu des nombreux types de coupes des forêts publiques, et le **type de peuplement** synthétique (structure, essence, calibre de grosseur des bois).

1.2.4 Résultats des analyses des types de coupes en forêts publiques

Les résultats présentés ci-après mettent en évidence les grandes tendances des types de coupes effectuées dans l'ensemble des forêts gérées par l'ONF pour les coupes sur lesquelles la donnée « surface » est fiable.

1.2.4.1 Répartition des surfaces annuelles selon les types de coupes (éclaircies, régénération)

Pour la forêt domaniale, les coupes d'éclaircies qui prélèvent une petite partie des tiges représentent la part la plus importante des coupes (52 % des coupes) tandis que le **renouvellement (y compris les coupes rases) représente 18 % des coupes en surface**. Le reste des coupes (30 %) correspond aux coupes de type jardinatoire. La surface totale parcourue en désignation dans cette catégorie de propriété est de 123 615 ha en 2017, soit 9,5 % de la surface totale, ce millésime constituant une référence d'année « normale » de coupes sans épisode sanitaire majeur.

Pour la forêt des collectivités, les coupes d'éclaircie représentent la part la plus importante des coupes (42 % des coupes), moins qu'en forêt domaniale toutefois, alors que **le renouvellement (y compris les coupes rases) représente 13 % des coupes en surface**. Le reste des coupes (45 %) correspond aux coupes de type jardinatoire. La surface totale parcourue en désignation est de 175 453 ha en 2017, soit 7,6 % de la surface totale, ce millésime constituant également une référence d'année « normale » pour les forêts des collectivités.

1.2.4.2 Évolution des surfaces parcourues en désignation entre 2017 et 2020

Les surfaces des coupes sont globalement en augmentation en forêt domaniale (+ 9 %) et ont augmenté plus fortement encore dans les forêts des collectivités (+ 15 %) sur la période 2017-2020, en raison de la crise sanitaire en cours durant cette période.

1.2.4.3 Analyse des différentes coupes de régénération (y compris les coupes rases)

Rappelons que les coupes de renouvellement (dont font partie les coupes rases) représentent 18 % en forêt domaniale et 13 % en forêt des collectivités sur une année « normale » (c'est-à-dire sans crise majeure sanitaire) comme l'a été l'année 2017.

Dans cet ensemble constitué par les coupes de renouvellement, les coupes rases (au sens défini précédemment) représentent 1,2 % en domaniale et 1,3 % en forêt des collectivités, correspondant à respectivement 1 520 ha et 2 265 ha, soit un total de 3 785 ha pour l'ensemble des forêts publiques cette année-là.

L'ensemble des coupes de régénération atteint une valeur de 45 000 ha pour les forêts publiques en 2017, soit environ 10 fois la surface des coupes rases. Cette valeur, qui est restée constante sur la période étudiée de 2017 à 2020, cumule :

- 22 % de **coupes d'ensemencement**, qui démarrent le processus de renouvellement naturel (ensemencement, extraction dans une régénération, ensemencement en zone hydromorphe, relevé de couvert, à savoir prélèvement des brins de taillis mélangés aux arbres de futaie ;
- 36 % de **coupes secondaires** qui poursuivent les coupes de renouvellement naturel (ensemble des coupes secondaires) ;
- 14 % de **coupes définitives** qui achèvent le cycle de la régénération naturelle (définitives) ;
- 18 % de coupes de renouvellement indifférenciées (par parquets) ;

- 10 % de **coupes rases** : en plein, par bandes, suite à incendie, par trouée, sanitaire, avec abri.

Ainsi, les **coupes de régénération naturelle** (ensemencement, secondaires, définitives) représentent à l’heure actuelle **près de 4/5 des coupes de régénération en forêt publique**, alors que les coupes enlevant tous les arbres en une seule opération (coupe rase au sens strict du terme, coupe sanitaire et suite à incendie) et générant des plantations, représentent 10 % des surfaces.

En forêt domaniale, la somme des coupes rases et coupes « rases » sanitaires a augmenté depuis le début de la crise sanitaire (voir Figure 2.1.2-1).

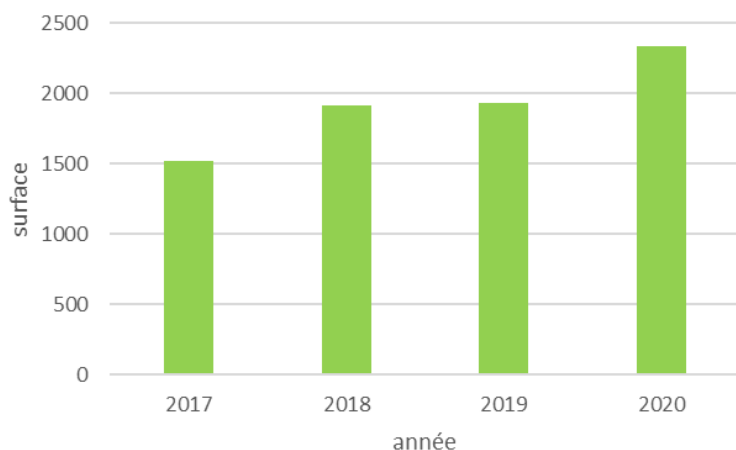


Figure 2.1.2-1 : Surface de coupes rases y compris sanitaires en forêt domaniale entre 2017 et 2020 (en ha)

La progression des coupes rases parmi l’ensemble des coupes de régénération passe de 7 % en 2017 à 12 % en 2020 dans les forêts domaniales.

De la même manière, en forêt des collectivités (voir Figure 2.1.2-2) l’augmentation des surfaces en coupe rase, en 2020 notamment, traduit l’importance de la crise sanitaire essentiellement due aux scolytes de l’épicéa. La progression des coupes rases parmi l’ensemble des coupes de régénération passe de 10 % en 2017 à 19 % en 2020 dans les forêts des collectivités.

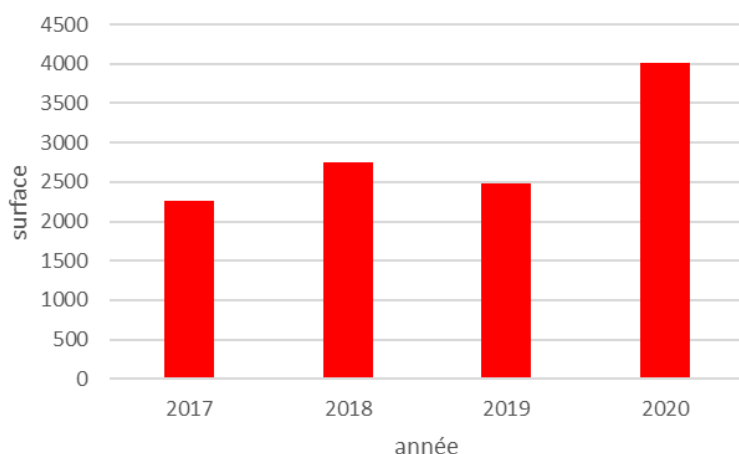


Figure 2.1.2-2 : Coupes rases y compris sanitaires en forêts des collectivités entre 2017 et 2020 (en ha)

1.2.4.4 Quels sont les principaux types de peuplements concernés par les coupes rases et sanitaires ?

Depuis 2017, les **peuplements à base d’épicéa de diamètre moyen sont les plus concernés par les coupes rases**. Pour les forêts domaniales, les pessières avaient fait l’objet de coupes rases sur 151 ha

en 2017, à comparer aux 986 ha coupés en 2020, soit plus de six fois la base d’une année normale. Pour les forêts des collectivités, les pessières avait fait l’objet de coupes rases sur 179 ha en 2017, à comparer aux 1 509 ha coupés en 2020, soit plus de huit fois la base d’une année normale.

Pour les peuplements à base de **pin maritime**, le renouvellement par coupe rase est une des techniques habituellement employées ; l’évolution entre 2017 et 2020 montre une légère baisse aussi bien en forêt domaniale qu’en forêt des collectivités, la quasi-totalité des coupes rases pratiquées (95 %) sont dans la DT comprenant l’Aquitaine, zone géographique dans laquelle cette technique est la plus employée.

Pour certains peuplements identifiés comme « **autres résineux** » (sapin, pins, etc.), on note également une très forte augmentation des coupes rases, notamment pour la forêt des collectivités. L’état sanitaire de ces essences est le plus souvent en cause. On ne constate pas d’augmentation en forêt domaniale pour ce type de peuplement à base d’autres résineux.

Pour les **autres essences**, les surfaces faisant l’objet de coupes rases sont limitées, tout comme les coupes de renouvellement de **taillis** qui sont à un niveau faible (maintien de 700 ha/an).

1.2.4.5 Distribution de la taille des coupes

La surface moyenne des coupes rases en forêt domaniale est de l’ordre de 4,5 ha et reste assez stable entre 2017 et 2020 ; elle est supérieure à celle en forêt des collectivités qui s’établit à 2,9 ha en moyenne. Les prélèvements à l’hectare sont également plus élevés en forêt domaniale avec 197 m³/ha comparés aux 180 m³/ha en forêt des collectivités.

Tableau 2.1.2-1 : Surface des coupes rases et volume par ha prélevée en forêt domaniale et forêt des collectivités

Année	Surface moyenne			Volume par ha		
	Domanial	Collectivités	Total	Domanial	Collectivités	Total
2017	4,4	3,1	3,6	232	169	194
2018	5,3	3,1	3,8	169	163	165
2019	4,3	2,7	3,2	215	201	207
2020	4,1	2,7	3,1	173	186	181
Moyenne période	4,5	2,9	3,4	197	180	187

À titre de comparaison, pour les années 1980, Barthod *et al.* (1999) indiquaient une taille moyenne des coupes de régénération (estimations obtenues par analyse de photographie aérienne) de 4,7 ha en forêt domaniale et de 3,7 ha en forêt des collectivités.

Plus que les surfaces moyennes, les distributions de surfaces par classe de surface sont intéressantes à considérer. À cet effet, nous considérons ici les seuils utilisés pour les certifications PEFC ou FSC, à savoir 2, 5, 10 et 25 ha auxquels nous ajoutons les seuils de 0,5 ha (petite trouée ou bouquet) et 1 ha (limite entre bouquet et parquet). Les résultats sur les distributions par classe sont présentés selon cette classification.

L’évolution de la distribution pour la forêt domaniale montre pour l’année 2020 une proportion stable des classes de surface comprise entre 2 et 5 ha et entre 5 et 10 ha, et en augmentation entre 10 et 20 ha comparé à 2017.

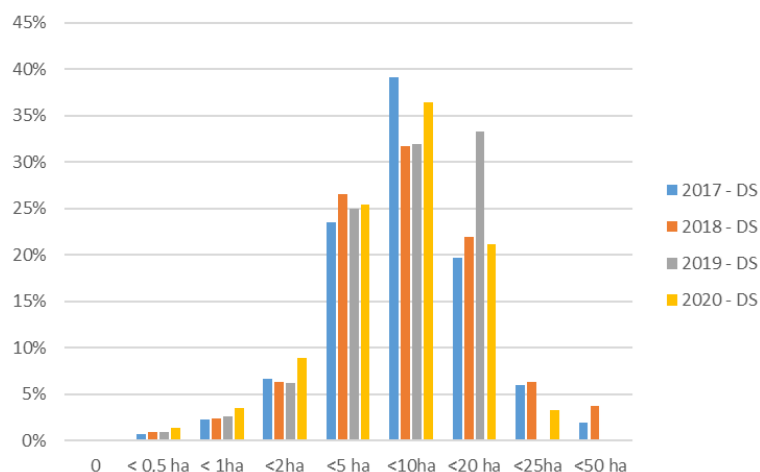


Figure 2.1.2-3 : Évolution de la taille des coupes rases en forêt domaniale. Distribution par classe de surface sur la période 2017-2020

La médiane de la distribution en 2017 et en 2020 est centrée sur la classe 5-10 ha en forêt domaniale.

L'évolution de la distribution pour la forêt des collectivités montre pour l'année 2020 une proportion en légère augmentation des classes de surface comprise entre 1 et 2 ha, 2 et 5 ha, et une plus forte variation des classes entre 5 et 10 ha et entre 10 et 20 ha comparé à 2017.

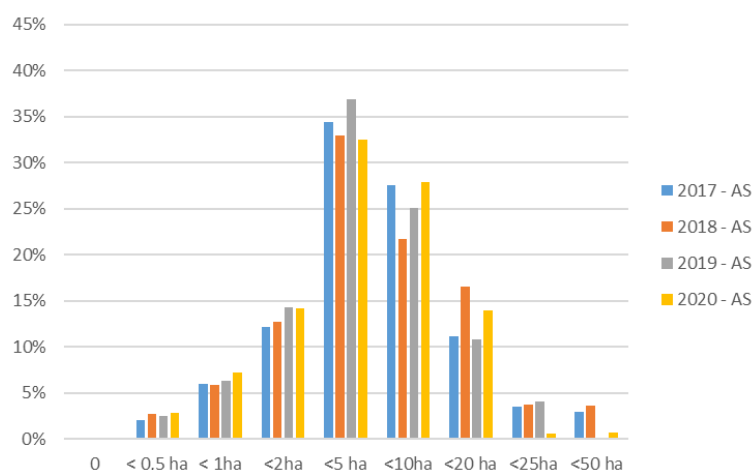


Figure 2.1.2-4 : Évolution de la taille des coupes rases en forêt des collectivités. Distribution par classe de surface sur la période 2017-2020

La médiane de la distribution en 2017 et en 2020 reste centrée sur la classe 2-5 ha.

Les classes de coupes rases de surface comprise entre 50 a et 2 ha sont plus importantes en forêt des collectivités qu'en forêt domaniale.

1.2.5 Discussion et perspectives

En forêt publique, la coupe rase – au sens du gestionnaire forestier, correspondant à l'enlèvement par coupe unique de tous les arbres du peuplement à des fins de régénération artificielle (plantation avec du matériel génétique amélioré, transformation, régénération de peuplement en impasse sylvicole) est limitée en année « normale » (hors crise sanitaire) à environ 1 % des différents types de coupes, à moins de 10 % des coupes dites de renouvellement et à environ 0,1 % de la surface des forêts publiques chaque année.

La crise sanitaire causée par les attaques de scolytes a généré depuis 2017 une proportion plus élevée des coupes « rases » faisant doubler le taux, qui reste moins élevé en forêt domaniale qu'en forêt des collectivités (surtout en 2020).

La taille des coupes rases n'augmente pas et les coupes rases sont de taille un peu plus élevée en forêt domaniale (4,5 ha) qu'en forêt des collectivités (2,9 ha), ce qui est en lien avec des fonciers domaniaux en moyenne un peu plus grands (de l'ordre de 1300 ha en moyenne pour la domaniale et 200 ha pour la forêt des collectivités).

Cette analyse a été réalisée sans examen cartographique des coupes rases : le cumul de coupes sanitaires ou rases dans un même massif peut entraîner une perception d'accentuation des tailles des coupes et des impacts paysagers. La fréquence des coupes « rases » a augmenté avec la crise sanitaire récente.

La comparaison des données de l'ONF avec les informations dont dispose l'IFN (voir « Question 1.1. Quels enseignements peut-on tirer des données de l'inventaire forestier national sur l'évolution récente des coupes rases et fortes ? ») est problématique car les estimations ne reposent ni sur les mêmes définitions, ni sur les mêmes techniques d'observation (relevés sur des petites placettes dans le cas de l'IFN, à l'échelle du peuplement pour l'ONF). On note que, pour l'ensemble des forêts publiques et avec une définition plus restreinte que celle de l'IGN, les surfaces de coupes rases de l'ONF sont inférieures à celles de l'IGN, mais les ordres de grandeur annuels sont assez comparables, de l'ordre de 4 000 à 6 000 ha pour les données ONF (coupes rases au sens sylvicole du terme) et de l'ordre de 8 400 ha $\pm$ 30 % pour l'IGN (au sens de la perte de couvert de 90 % et plus).

1.2.6 Références bibliographiques

Barthod, C., Pignard, G., Guérin, F., Bouillon-Penrois, E., 1999. Coupes fortes et coupes rases dans les forêts françaises. *Revue forestière française* 51, 469–486. <https://doi.org/10.4267/2042/5456>

Volet 1 | Thème 2. Connaissance et suivi des coupes rases

Question 2. Quel est l'apport de l'imagerie satellitaire dans le suivi des coupes rases ?

Sommaire

2.1 Contexte de l'imagerie satellitaire en France	72
2.1.1 Nouveaux capteurs satellitaires et conditions d'accès	73
2.1.1.1 Le programme européen Copernicus	73
2.1.1.2 Le pôle national THEIA et le dispositif DINAMIS	73
2.1.2 Potentiel et limites	74
2.2 Exemples d'application à trois échelles	74
2.2.1 Échelle globale : la base de données Hansen <i>et al.</i> (2013)	74
2.2.2 Échelle nationale : le service opérationnel INRAE	77
2.2.3 Échelle locale : cartes de référence en Aquitaine	80
2.3 Quels enseignements tirer d'un croisement des cartographies INRAE avec la base de données IFN des peuplements forestiers ?	81
2.3.1 Matériels utilisés pour cette étude	81
2.3.2 Analyse par catégorie de propriété	81
2.3.3 Analyse selon la taille des surfaces d'un seul tenant	83
2.3.4 Analyse selon les types de peuplements	83
2.3.5 Correspondances des données IGN et INRAE	84
2.4 Cartographie des coupes forestières sur les tropiques et zones nuageuses	85
2.4.1 Adaptation à la forêt tempérée	88
2.5 Conclusion	89
2.5.1 Pistes de recherche	89
2.5.2 Recommandations	89
2.6 Références bibliographiques	89
2.7 Annexes	91

Rédacteurs

Kenji **Ose**, INRAE, UMR TETIS, Montpellier (34), France

Marianne **Duprez**, IGN, Service de l'Information Statistique Forestière et Environnementale, Nogent-sur-Vernisson (45), France

Milena **Planells**, CNES, UMR CESBIO, Toulouse (31), France

Jérôme **Puiseux**, DRAAF Nouvelle-Aquitaine, Bordeaux (33), France

2.1 Contexte de l'imagerie satellitaire en France

Le premier programme spatial d'observation de la Terre destiné à des fins civiles remonte aux années 1970 avec le lancement du satellite Landsat-1 par la NASA. En 2008, l'agence spatiale américaine abandonne définitivement les tentatives de commercialisation des images et opte pour une distribution libre et gratuite de celles-ci. Cette stratégie a joué un rôle important dans l'appropriation et l'utilisation de ces nouvelles technologies par les institutions d'enseignement et de recherche. Les récents programmes européens et nationaux s'inscrivent désormais dans cette logique, permettant ainsi d'envisager la construction dans la durée de véritables services d'appui aux politiques publiques, avec cependant des limites inhérentes aux données et aux méthodes de traitement de l'imagerie satellitaire.

2.1.1 Nouveaux capteurs satellitaires et conditions d'accès

Ces dix dernières années sont marquées par une explosion de l'offre en imagerie satellitaire. De nombreuses sociétés privées développent le marché de la très haute résolution spatiale (THRS) tandis que des programmes internationaux et nationaux viennent renforcer l'offre et la diversité de capteurs.

2.1.1.1 Le programme européen Copernicus

Le programme Copernicus (Fioraso, 2016), piloté par la Commission Européenne en partenariat avec l'agence spatiale européenne (ESA), est entré dans sa phase opérationnelle en 2014 avec le lancement de Sentinel-1A. Le processus en cours devrait placer d'ici 2030 une vingtaine de satellites, avec des caractéristiques variées. **À ce jour, deux familles de satellites, radar (Sentinel-1A et 1B) et optique (Sentinel-2A et 2B), proposent des caractéristiques techniques adaptées au suivi de la forêt avec une résolution spatiale minimum de 10 m et une fréquence de revisite d'environ 5 jours.**

Ces images sont mises à la disposition de tout citoyen et de toute organisation du monde entier. Elles sont accessibles de manière complète, ouverte et gratuite. Deux modes d'accès sont proposés : les plateformes DIAS (*Data and Information Access Services*) et les plateformes dites « conventionnelles ». Il existe cinq plateformes DIAS. Basées sur le *cloud*³³, elles offrent un accès centralisé aux données et informations Copernicus, ainsi qu'aux outils de traitement (moyennant un paiement à l'utilisation). La seconde option est le *Copernicus Open Access Hub*³⁴, maintenu par l'ESA. Ce portail permet d'accéder aux données Sentinel *via* une interface graphique ou de programmation API (*Application Programming Interface*), de définir aussi différents paramètres (zone géographique, date d'acquisition, etc.) pour affiner leur recherche dans les archives. Un dernier accès national est proposé par le CNES *via* le service PEPS³⁵ (Plateforme d'Exploitation des Produits Sentinel).

2.1.1.2 Le pôle national THEIA et le dispositif DINAMIS

Créé fin 2012, THEIA³⁶ est une composante de l'infrastructure de recherche Data Terra et rassemble onze institutions publiques françaises³⁷. Ce pôle vise à accroître l'utilisation de la donnée spatiale par la communauté scientifique et les acteurs publics en mettant à disposition des données et produits à valeur ajoutée issus de la télédétection. En outre, il mutualise les outils, participe à la diffusion des résultats de recherche, anime et structure des réseaux d'utilisateurs *via* les Centres d'Expertise Scientifique (CES) et les réseaux d'Animation régionale (ART). Il s'appuie aussi sur des Centres de Données d'Observation et de Services (CDOS) pour la production et la diffusion de produits et services opérationnels.

Deux centres d'expertise scientifique s'intéressent au suivi de la forêt : le CES « Biomasse forestière et changement de couverture forestière »³⁸ et le CES « Changements et santé des forêts »³⁹. Ces centres d'expertise délivreront à terme des produits issus de la télédétection, éventuellement les cartographies de coupes rases ou plus généralement de pertes de couvert arboré en métropole et au-delà. La création et les modalités de diffusion de ces produits en France sont abordées dans la présente expertise (voir « Question 3. Quels pourraient être l'objectif et les composantes d'un système opérationnel de suivi régulier des coupes rases et fortes en France métropolitaine ? »).

³³ Stockage et traitement informatiques dématérialisés

³⁴ Voir ici : <https://scihub.copernicus.eu/>

³⁵ Voir ici : <https://peps.cnes.fr/>

³⁶ Voir ici : <https://www.theia-land.fr>

³⁷ CEA, CIRAD, CNES, CNRS, IGN, INRAE, IRD, METEO-FRANCE, ONERA, Cerema et AgroParisTech

³⁸ Voir ici : <https://www.theia-land.fr/ceslist/ces-biomasse-forestiere-et-changement-de-couverture-forestiere/>

³⁹ Voir ici : <https://www.theia-land.fr/ceslist/ces-changements-et-sante-des-forets-tempeeres/>

2.1.2 Potentiel et limites

L'imagerie satellitaire, diffusée par les programmes décrits précédemment, présente un potentiel très intéressant pour le suivi des forêts sur tout ou partie du globe. **Les produits Sentinel avec une résolution spatiale de 10 m et une revisite tous les 5 jours environ permettent d'analyser le territoire à des échelles fines, de détecter des phénomènes au niveau intra-parcellaire.** En outre, les archives Sentinel ainsi constituées permettront bientôt d'analyser les évolutions de l'occupation du sol sur près de 10 ans. La diversité des capteurs embarqués, radar et optique, permet de mieux saisir les différentes caractéristiques des objets étudiés.

Les satellites Sentinel-1 disposent d'un radar à synthèse d'ouverture (SAR) et proposent en sortie deux principaux types de produits qui décrivent les caractéristiques du signal rétrodiffusé : le SLC (*Single Look Complex*) pour l'amplitude et la phase, et le GRD (*Ground Range Detection*) pour l'intensité. Capables de « traverser » les nuages et d'acquérir durant la nuit, ils fournissent des informations sur les propriétés géométriques et sur la nature des objets, en particulier la rugosité de surface, le type de matériau et la teneur en humidité.

Les satellites Sentinel-2 sont équipés d'un imageur multispectral MSI qui fonctionne dans 13 bandes spectrales, du visible à l'infrarouge, avec une résolution spatiale comprise entre 10 et 20 m. Ils mesurent l'énergie solaire réfléchi par la surface terrestre et donnent ainsi, selon les longueurs d'onde, des informations sur la végétation relatives à la pigmentation foliaire, à la teneur en eau, etc.

L'usage de ces données requiert des compétences expertes et des ressources en stockage et calcul relativement importantes. **Les méthodes automatiques de cartographie** présentent aussi des limites. En effet, elles **sont performantes pour détecter des modifications d'état de surface mais il est plus difficile d'en identifier les causes.** Le cas des coupes rases est un bon exemple. Ainsi, dans la suite de cette contribution, **les produits de la télédétection relèvent plutôt d'une détection des pertes de couvert boisé et ce, quelle que soit leur origine ; il peut s'agir de prélèvements sylvicoles** (voir « Question 1.1. Quels enseignements peut-on tirer des données de l'inventaire forestier national sur l'évolution récente des coupes rases et fortes ? » et « Question 1.2. Quels enseignements peut-on tirer des données opérationnelles de l'ONF sur les coupes rases ? »), **ou de mortalités occasionnés par des incendies, des maladies ou des dégâts de tempêtes.** De plus, les produits en sortie ne disposent pas toujours d'information sur les évolutions post-prélèvement. Ainsi, le ratio entre perte et gain n'est pas toujours établi, la différenciation entre une coupe rase et un défrichement (changement d'utilisation du sol) n'est pas réalisée. Cependant, la « Question 3. Quels pourraient être l'objectif et les composantes d'un système opérationnel de suivi régulier des coupes rases et fortes en France métropolitaine ? », qui porte une réflexion sur la mise en place d'un système opérationnel de suivi régulier des coupes rases, propose des pistes d'amélioration qui permettraient d'affiner la précision de ces résultats.

2.2 Exemples d'application à trois échelles

2.2.1 Échelle globale : la base de données Hansen *et al.* (2013)

L'offre en imagerie satellitaire à haute résolution, combinée avec des moyens de calcul de plus en plus performants, a permis de développer des produits cartographiques à l'échelle mondiale, notamment dans le domaine forestier.

L'exemple le plus connu à ce jour est le système d'alerte UMD-GLAD dit « Hansen », du nom de son principal auteur (Hansen *et al.*, 2013). Fruit d'une collaboration entre le laboratoire GLAD (*Global Land Analysis & Discovery*, Université du Maryland, États-Unis), Google, l'USGS et la NASA, il mesure entre autres les pertes en surface de couvert arboré sur l'ensemble du globe à une résolution spatiale

d'environ 30 m. Ces données générées à partir d'imagerie multispectrale Landsat résultent d'un processus d'apprentissage automatique (*machine learning*). Le couvert arboré est ici défini comme toute végétation d'une hauteur supérieure à 5 m (définition FAO⁴⁰), et pouvant prendre la forme de forêts naturelles ou de plantations avec des densités de canopée variables. La perte de couvert arboré englobe non seulement les pratiques sylvicoles mais aussi tout autre type de perturbation telle que les dépérissements, les dégâts de tempêtes ou les incendies. La dernière mise à jour (version 1.9) propose désormais une estimation annuelle sur la dernière décennie 2011-2021. La méthode a connu, au fil des versions, de nombreuses améliorations, et les produits ont été recalculés. Une version 2.0 est à l'étude pour traiter de nouveau les données de 2000 à 2010.

Tableau 2.2-1 : Évaluation de la qualité des cartographies de perte de couvert arboré réalisée sur les années 2000 à 2012 (Hansen et al., 2013)

Biome	Perte en couvert arboré	
	Faux positifs (%)	Faux négatifs (%)
Global	13.0	12.2
Tropical	13.0	16.9
Subtropical	20.7	20.6
Tempéré	11.8	6.1
Boréal	12.0	6.1

À l'échelle globale, les auteurs évaluent le taux de faux positifs⁴¹ à 13 % et le taux de faux négatifs⁴² à 12 %. Cette précision varie selon les biomes, elle est en général meilleure dans les forêts tempérées et boréales (Tableau 2.2-1).

Une seconde évaluation estime la précision temporelle de ces données, liée à leur fréquence de mise à jour tributaire de la couverture nuageuse. La perte en couvert arboré se produit dans 75 % des cas durant l'année indiquée, dans 97 % des cas en tenant compte de l'année qui précède. Par conséquent, les auteurs recommandent de moyenner les données sur une période de 3 ans au moins pour réduire les incertitudes interannuelles.

Les données du GLAD sont consultables et téléchargeables sur la plateforme *Google Earth Engine*⁴³. La plateforme web *Global Forest Watch* (GFW) en propose une synthèse par pays, et par unités administratives de niveau 1 (région) et 2 (département). La perte de couvert arboré est exprimée en fonction de la densité de canopée. **En considérant uniquement les surfaces dont le couvert arboré est > 10 %, les pertes de couvert boisé, y compris les coupes rases, en France métropolitaine varient entre 60 000 ha et 80000 ha par an depuis 2016** (Figure 2.2-1), avec une prédominance dans les départements des Landes, de la Gironde et de la Corrèze (Figure 2.2-2) sur ces dix dernières années.

⁴⁰ Consultable ici : <https://www.fao.org/3/ae217f/ae217f02.htm>

⁴¹ Détection erronée (commission) d'une perte de couvert forestier

⁴² Perte de couvert forestier non détectée (omission)

⁴³ Voir ici : http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest/download_v1.7.html

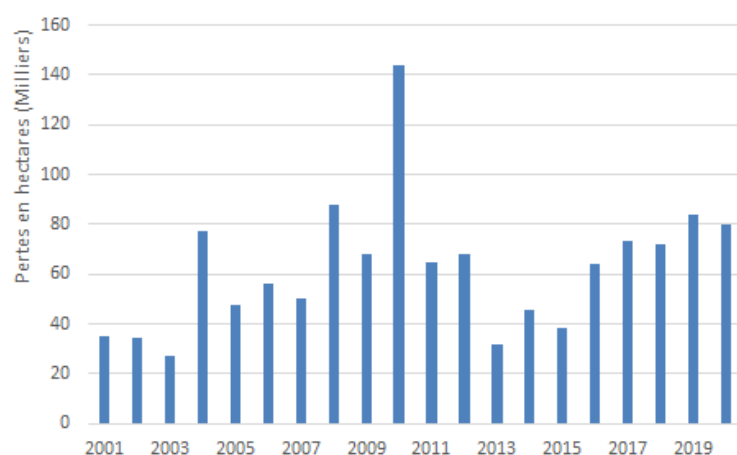


Figure 2.2-1 : Perte de couvert arboré (densité > 10 %) en France métropolitaine, estimée sur la base GLAD. Le pic de 2010 pourrait correspondre aux conséquences de la tempête Klaus qui a frappé les Landes de Gascogne en janvier 2009.

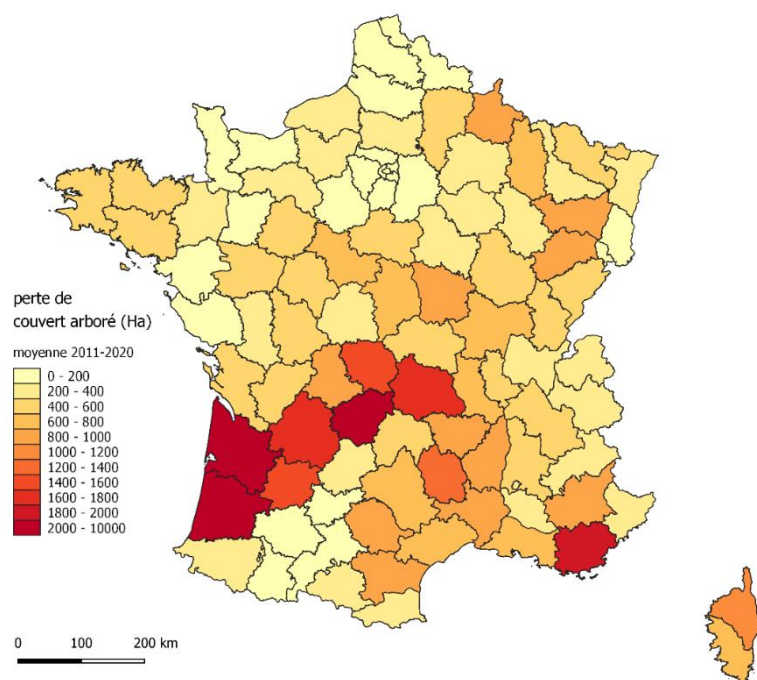


Figure 2.2-2 : Estimation moyenne (2011-2020) de la perte de couvert arboré par département. Les pertes importantes observées dans le Var pourraient être liées à de très fortes défoliations dues au Bombyx disparate dans le Massif des Maures en 2019.

L'interprétation de ces cartographies est délicate, comme toute information issue de processus automatisés à partir d'imagerie satellitaire, notamment à des échelles globales. Le département de science environnementale de l'université de Bâle (Tropek *et al.*, 2014) a montré que la base de données UMD-GLAD pouvait présenter des confusions, en particulier dans le domaine tropical, avec des plantations et surtout des cultures herbacées menant à une sous-estimation substantielle des pertes en forêt, et compromettant leur utilité dans les décisions politiques locales. Plus récemment, une analyse menée sur ces mêmes données par l'unité de bioéconomie du Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne (Ceccherini *et al.*, 2020) a fait l'objet de nombreuses critiques à la fois sur les choix méthodologiques et sur l'interprétation des résultats. Elle fait état d'une augmentation de la superficie forestière exploitée (+ 49 %) et de la taille moyenne des parcelles récoltées (+ 34 %) en Europe pour la période 2016-2018 par rapport à la période 2011-2015. Pour la France, ces estimations s'élèvent respectivement à + 30 % et + 44 %. Or, Picard *et al.* (2021) pointent des biais d'analyse et des

incohérences avec d'autres bases de données statistiques. Wernick *et al.* (2021) estiment, pour leur part, que les facteurs d'explication (hausse internationale de la demande en bois) et les conséquences (émissions de carbone) mis en avant sont également discutables.

Malgré leurs incertitudes et les défauts d'interprétation, les cartes de l'UMD-GLAD demeurent à ce jour une référence pour le suivi annuel des forêts à l'échelle mondiale. La recherche en télédétection continue de proposer des produits pour caractériser et mieux décrire les forêts. Par exemple, une équipe (Lang *et al.*, 2022) de l'école polytechnique fédérale de Zurich a publié en 2022 une carte mondiale d'estimation des hauteurs de canopée, construite avec des modèles d'apprentissage profond (*deep learning*) qui tirent parti des données optiques issues de la constellation Sentinel-2 et des données Lidar issues de la mission GEDI (opérée par la NASA). L'ensemble de ces travaux présente des complémentarités intéressantes qui permettront peut-être de préciser les estimations de perte en couvert arboré.

2.2.2 Échelle nationale : le service opérationnel INRAE

En 2011, le ministère de l'Agriculture a commandé une étude de faisabilité pour estimer le potentiel de l'imagerie satellitaire dans la cartographie des coupes rases. L'objectif étant de fournir aux agents forestiers un pré-diagnostic afin d'optimiser les contrôles sur le terrain. INRAE a développé successivement deux méthodes fondées sur des données satellitaires et des algorithmes différents.

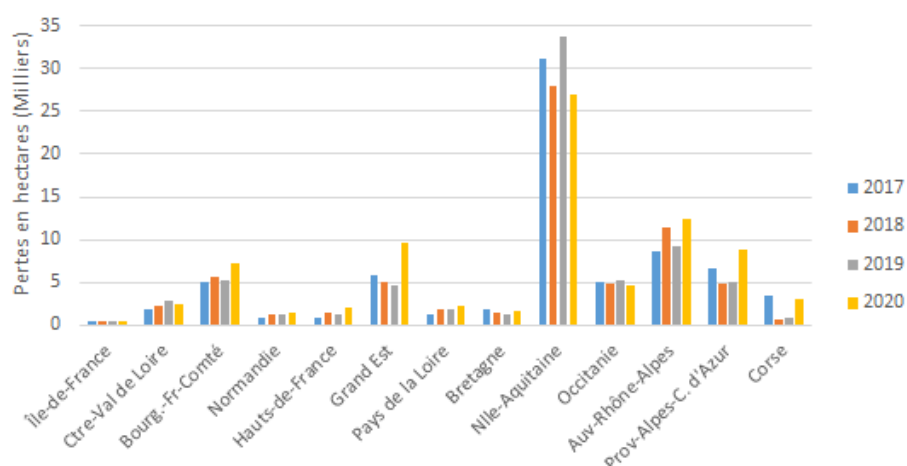


Figure 2.2-3 : Pertes régionales de couvert arboré estimé par la méthode INRAE pour la période 2017-2020

La première méthode, dite « bi-date », compare deux images d'une même zone acquises à une année d'intervalle afin de détecter le passage d'un état arboré à un état non végétalisé (Ose, 2018), les DRAAF et DDT(M) ayant la charge de créer ces cartes en reproduisant les différentes étapes de traitement décrites dans un guide méthodologique. Les retours d'expérience ont démontré que l'utilisation des images satellitaires allégeait les processus de recherche d'infraction en matière de coupes illégales et abusives (article L. 312-11 du Code forestier⁴⁴), voire même de défrichements illicites (articles L363-1 à L363-5 du Code forestier⁴⁵). Le déploiement national de cette première méthode est resté limité en raison des moyens humains et matériels alloués. En effet, les agents devaient être relativement autonomes techniquement, disposer de prérequis en télédétection (Ose et Deshayes, 2015) et de ressources informatiques adaptées aux traitements de données volumineuses. Concernant la qualité des résultats, il est apparu que la comparaison interannuelle augmentait le risque d'omission, l'état de sol nu suite à une coupe étant relativement bref, avec une reprise de la végétation en quelques mois.

⁴⁴ Consultable ici : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000025247137

⁴⁵ Consultables ici : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000025244092/LEGISCTA000025247415/#LEGISCTA000025247615

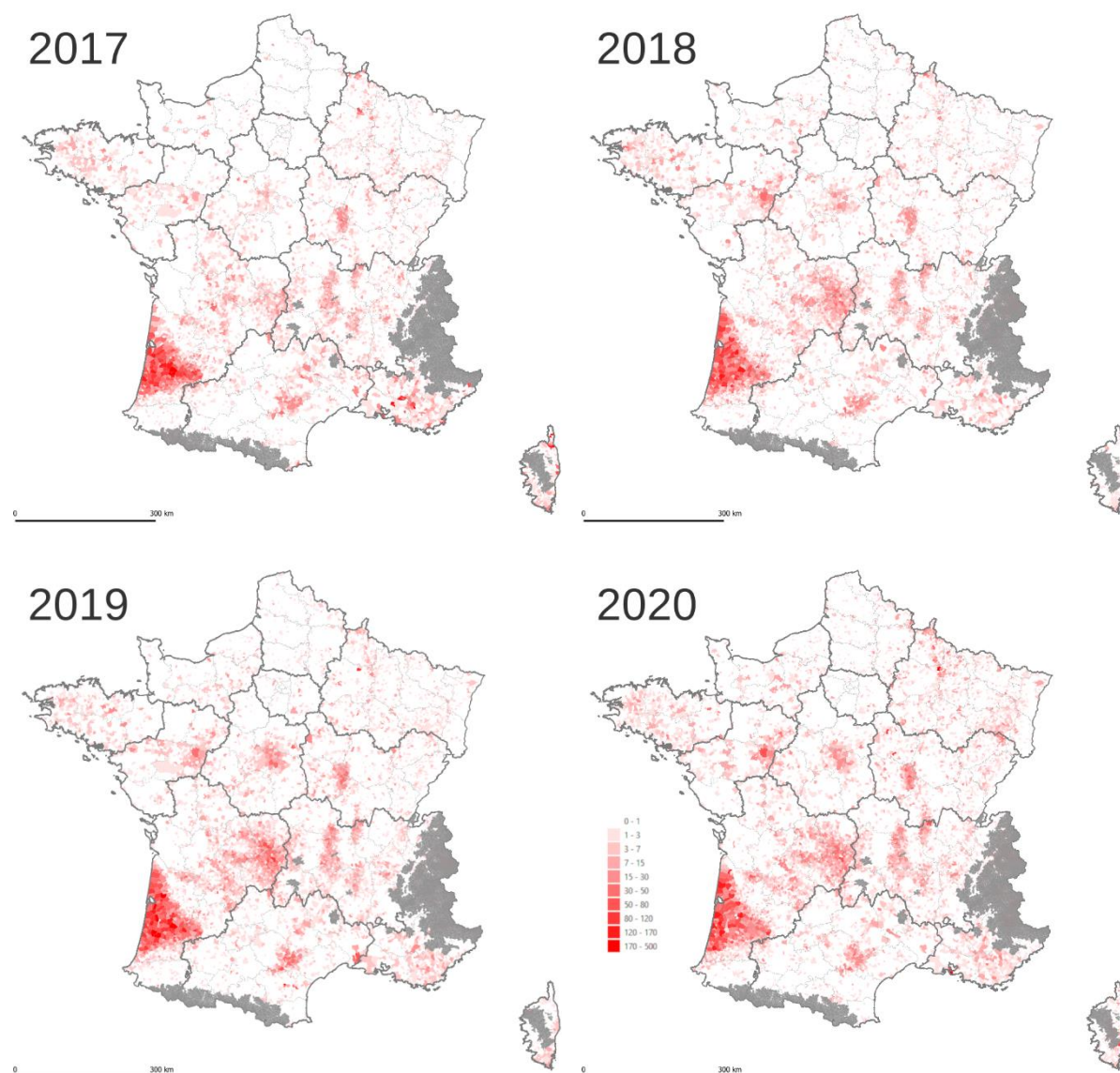


Figure 2.2-4 : Pertes de couvert arboré (classe 2), exprimées en hectare par commune, calculées avec la seconde méthode INRAE pour les années 2017 à 2020. Les communes situées pour toute ou partie au-dessus de 1600 m d'altitude sont grisées car la détection présente des incertitudes plus fortes.

Avec le lancement de la constellation Sentinel-2, INRAE a conçu une **seconde méthode fondée sur l'exploitation des séries temporelles d'images satellitaires**. Le principe est de détecter, non plus entre deux dates mais sur toute la profondeur temporelle disponible, des baisses rapides et importantes de l'indice de végétation, qui se confirment dans les mois qui suivent. La chaîne de traitements est totalement automatisée, depuis la récupération des données satellitaires jusqu'à la publication des résultats sur le web. Étant donné le volume des données traitées, l'ensemble des calculs est centralisé sur un serveur dédié. Ce dernier télécharge et prétraite chaque semaine les images Sentinel-2, durant la période de végétation, entre les mois de mai et d'août. L'algorithme calcule ensuite la « magnitude de chute » de l'indice de végétation dans le domaine temporel. En sortie, les détections sont enregistrées dans une couche vectorielle. Chaque polygone comporte plusieurs descripteurs, notamment la magnitude (discretisée en deux classes) et la date de détection. Ces résultats alimentent ensuite une base de données connectée à un service de cartographie en ligne, ouvert aux services de l'État depuis l'été 2018. À ce jour (mai 2022), 53 DDT et 10 DRAAF se sont inscrites à ce service.

Cette nouvelle méthode présente l'avantage d'être insensible à certaines variations ponctuelles du signal dans le temps, telles que la présence de nuages sur les images ou des erreurs de calage. Elle permet en outre de dater plus précisément l'apparition des pertes en couvert arboré. Enfin, cette application résout les limites matérielles et logistiques identifiées dans les différents services de l'État. Concernant la qualité des résultats, les utilisateurs estiment que le taux d'erreur dans la détection des coupes rases est inférieur à 10 %, mis à part en haute altitude (dans les Alpes) où la méthode surestime, pour des raisons encore inconnues, les surfaces déboisées. Cette évaluation reste à confirmer. La forêt française étant très hétérogène, tant dans les espèces qui la composent que dans les pratiques sylvicoles, il est probable que les outils développés soient plus ou moins performants selon les sylvoécotérrains.

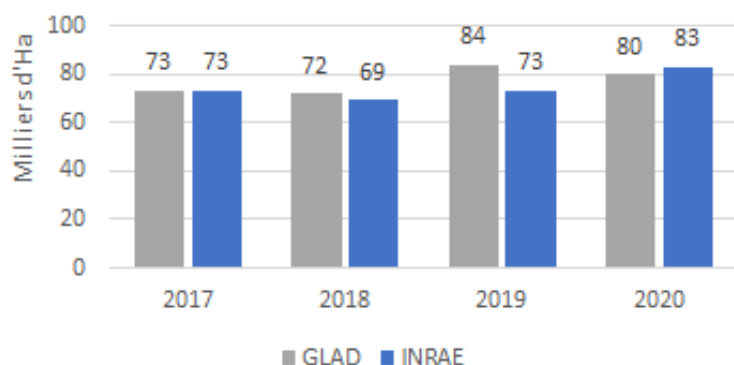


Figure 2.2-5 : Estimations GLAD et INRAE (méthode sur les séries temporelles) des pertes de couvert boisé en métropole

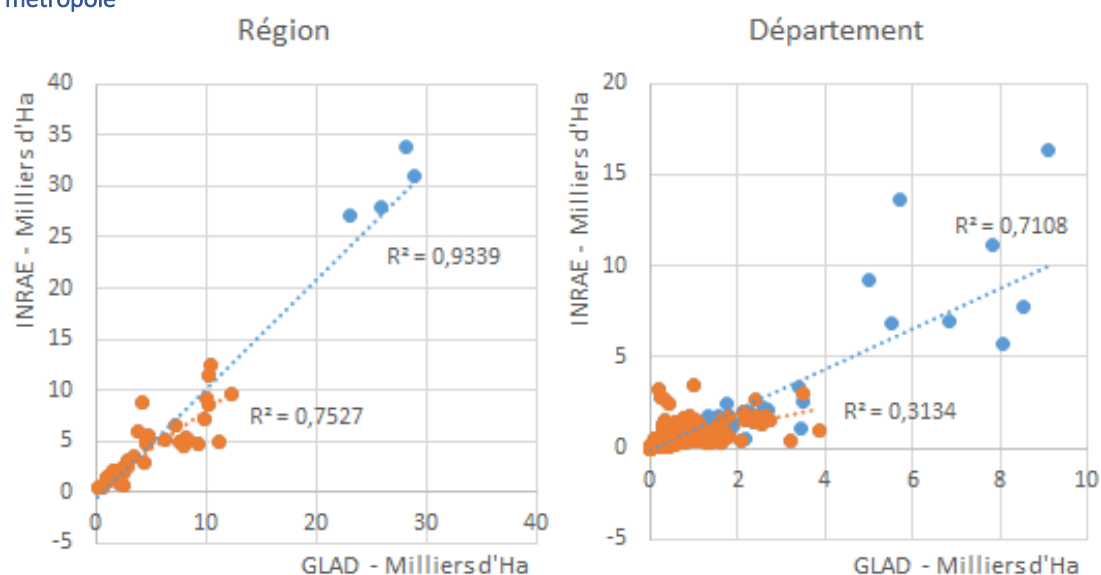


Figure 2.2-6 : Comparaison des surfaces détectées par GLAD et INRAE au niveau régional (à gauche) et départemental (à droite) de 2017 à 2020. En bleu : toutes collectivités, en orange : collectivités hors Nouvelle-Aquitaine

Les statistiques dérivées des cartographies annuelles sont présentées ici pour les années 2017 à 2020, sans distinction des classes de magnitude de chute (une analyse approfondie, croisée avec les données de l'IGN, est présentée dans la section suivante). La région Nouvelle-Aquitaine (Figure 2.2-3), et en particulier les départements des Landes, de la Gironde et de la Corrèze, se démarquent nettement en surface comme en nombre de parcelles impactées (Figure 2.2-4). Au niveau national, ces estimations coïncident à peu près avec celles dérivées du jeu de données UMD-GLAD (Figure 2.2-5). Toutefois, la concordance est moins nette à l'échelle des régions et moins encore des départements (Figure 2.2-6).

2.2.3 Échelle locale : cartes de référence en Aquitaine

Initialement mise en œuvre à la demande de la filière forêt-bois pour la connaissance des surfaces exploitées dans le massif des Landes de Gascogne, puis par le ministère en charge de l'agriculture pour faciliter les contrôles régaliens en département (voir « Question 1.1. Quels enseignements peut-on tirer des données de l'inventaire forestier national sur l'évolution récente des coupes rases et fortes ? »), les travaux de télédétection des coupes forestières ont récemment évolué en Nouvelle-Aquitaine vers une cartographie corrigée et validée pour répondre à des besoins opérationnels.

Le massif landais constitue certainement le secteur forestier en France où la dynamique d'exploitation et de reboisement est la plus forte. Sur une seule année, les surfaces concernées par des changements de couverture au sol (coupes rases et défrichements) peuvent dépasser plusieurs dizaines de milliers d'hectares (jusqu'à 34 000 ha en 2014). Dans un tel contexte, la fourniture de cartographies pour guider les contrôles est rapidement apparue comme un outil indispensable.

La DRAAF Nouvelle-Aquitaine s'est appropriée la première méthode INRAE (voir « 2.2.2 Échelle nationale : le service opérationnel INRAE »), dite « bi-date », pour détecter automatiquement les pertes de couvert arboré à partir de couples d'images satellitaires acquises sur un intervalle d'un an environ. Les cartographies produites présentaient des erreurs, liées en partie au contexte sylvicole local, qui nécessitaient d'être corrigées en amont des contrôles. Les sur-détections (ou faux positifs) étaient généralement de deux types :

- des éclaircies qui affectent (partiellement) le taux de couvert ou des entretiens qui modifient la couverture herbacée interstitielle par des passages de rouleaux landais ou de gyrobroyeurs dans les jeunes peuplements ;
- des terrains déjà coupés avec une reprise de la végétation et faisant l'objet ensuite d'un nettoyage, d'enlèvements de souches après ressuyage (à des fins de bois-énergie) ou de préparations de terrain pour la plantation.

Sur les omissions (ou faux-négatifs), celles-ci apparaissaient plus importantes dans :

- les zones touchées par les tempêtes ou dans des peuplements mélangés présentant un sous-étage de chêne ;
- des exploitations de peuplements ouverts ou avec un couvert partiel de résineux.

Avec plus de 14 000 ha de coupes rases par an (entre 2012 et 2014) pour le seul département de la Gironde, il s'est avéré indispensable pour les services de l'État de réduire dans un premier temps ces erreurs. Des modifications ont ainsi été apportées à la méthode initiale en ajustant certains paramètres en entrée (choix des bandes spectrales et approche zonale), puis en ciblant les détections valides par une analyse croisée avec d'autres sources d'information telles que le nettoyage et les reconstitutions post-Klaus, les propriétés forestières, les plans simples de gestion, les défrichements déclarés et la taille des massifs forestiers. A l'issue de ce filtrage, les coupes probables ont fait l'objet d'un contrôle visuel par photo-interprétation sur la base des images satellitaires utilisées en amont et des prises de vue aériennes de la BD Ortho IGN les plus proches en date. Enfin, les coupes rases avérées ont été classées en fonction des seuils de surface fixés dans les arrêtés préfectoraux.

Les cartographies issues de la télédétection sont ainsi produites depuis 2012 et font l'objet d'une vérification exhaustive, ce qui permet leur intégration avec d'autres référentiels ou sources d'information. Elles servent aujourd'hui :

- aux contrôles régaliens des coupes rases et des défrichements, mis en œuvre par les DDT ;
- à la connaissance des surfaces exploitées, des caractéristiques des coupes (surface moyenne, nombre de coupes supérieures aux seuils de surface fixés par arrêtés, etc.) ;
- à la projection annuelle des besoins en graine de pin maritime pour la reconstitution des surfaces exploitées en fonction des stocks et des niveaux de récolte.

2.3 Quels enseignements tirer d'un croisement des cartographies INRAE avec la base de données IFN des peuplements forestiers ?

Les éléments décrits ici constituent un premier essai de valorisation conjointe des données cartographiques INRAE issues de la télédétection et des données grande échelle de l'IGN.

2.3.1 Matériels utilisés pour cette étude

Pour cette analyse, les données utilisées sont les suivantes :

- cartographies des pertes de couvert arboré 2019 et 2020 (INRAE) : couches vecteur de détection annuelle de perte de couvert arboré avec un attribut « classe » qui prend la valeur 1 ou 2 selon un seuillage de l'intensité de l'estimateur de détection ;
- BD Forêt® (IGN) assemblée sur la France entière et corrigée de 3 m en deçà de la limite forêt/non-forêt dessinée d'après le houppier des arbres sur photographies aériennes et ce, afin de mieux faire correspondre la surface forestière calculée sur système d'information géographique (SIG) et celle issue des statistiques d'inventaire forestier ;
- couche des propriétés relevant du régime forestier (ONF 2021) ;
- placettes d'inventaire avec reconnaissance terrain (IGN) sur la période 2010-2020 (soit un effectif de 82 949 points) : pour un décompte d'occurrences de croisement.

S'agissant de données couvrant l'ensemble de la France et à grande échelle, un fractionnement par département et une automatisation des croisements est nécessaire. Ceux-ci ont été réalisés en utilisant le découpage administratif utilisé par l'IFN pour son plan d'échantillonnage et ses résultats (départements référence BD Carto ©IGN, 2002).

Afin de calculer des éléments relatifs à des classes de surface de coupe, les deux cartes de détection annuelles (2019 et 2020) INRAE ont été fusionnées et seuillées (filtres de nettoyage à 4 pixels). Cette couche donne ainsi la distribution et la superficie globale des pertes de couvert arboré observées par télédétection sur 2 ans. Pour évaluer le résultat, une très rapide comparaison a été faite avec les données diffusées par le *Global Forest Watch* (Hansen pour les années 2016-2021), ce qui a mis en évidence une assez grande divergence de détection sur les Alpes et plus particulièrement au-dessus de 1600 m d'altitude. Une vérification sur les zones repérées à l'aide de photographies aériennes récentes montre en effet une sur-détection de coupes de grande superficie dans des zones qui sont pourtant restées boisées. Ces surfaces détectées à plus de 1600 m ont donc été exclues des traitements d'analyse exposés ci-dessous.

On obtient un jeu brut de données de 126 665 polygones comprenant un certain nombre d'attributs, en particulier : la catégorie de propriété, le département, le type de formation végétale (issu de la BD Forêt®), la correspondance (identique, à moins de 50 m ou aucune) entre les détections INRAE et celles de la base Hansen et la surface globale par entités sur les deux années étudiées.

Ce jeu de données, ainsi constitué, permet d'effectuer différents croisements pour estimer la répartition des prélèvements en fonction des catégories de propriété, des surfaces d'un seul tenant et des types de peuplements. Il a en outre donné quelques éléments d'explications sur les possibles erreurs de détection dans les produits INRAE.

2.3.2 Analyse par catégorie de propriété

En tenant compte de toutes les surfaces détectées supérieures à 0,05 ha, il apparaît que les pertes de surface boisée (classes 1 et 2) se situent entre 71 000 et 78 000 ha/an (Tableau 2.2-2).