

2.4.2 Définition et évolutions des exigences FSC

Une révision partielle du référentiel FSC est engagée depuis le printemps 2021 et doit s'achever à la mi-2023. La révision entamée en 2021 porte sur plusieurs thématiques dont la question des coupes rases. Les travaux d'actualisation du référentiel FSC sont réalisés par un groupe de travail, constitué de représentants de structures parties prenantes de la forêt française réparties en trois chambres : (i) économique, (ii) environnementale et (iii) sociale. La question des coupes rases ne fait actuellement pas consensus, sachant que la taille des coupes rases est un des points forts des échanges.

À ce stade de la consultation publique, il reste deux versions de la définition de la coupe rase (mais une seule version pour la définition du seul tenant) :

- (V1) « Une **coupe rase** est un acte sylvicole en une seule fois et sur une surface supérieure à 0,5 ha **d'un seul tenant**, portant sur la totalité du peuplement forestier à l'exception des tiges réservées pour le paysage ou la biodiversité et précédant sa régénération artificielle. Ne sont pas considérées comme des coupes rases (i) la coupe de rajeunissement de taillis (taillis et TSF), (ii) la coupe d'ensemencement par bandes. »

Hors définition (coupe permettant la mise en œuvre de l'exploitation), on trouve : « les coupes par câbles avec et sans régénération établie sous la ligne de câble, les ouvertures de cloisonnement, et les coupes d'emprises pour création d'infrastructures, de places de dépôt, d'équipement d'accueil du public, de pare-feu, etc. », ainsi que, « Les coupes d'entretien liés aux équipements et infrastructures existants pour une bonne gestion des autres enjeux de la forêt (ligne ; pare-feu, chasse, etc.) »

- (V2) « Une **coupe rase** est un acte sylvicole portant sur une surface supérieure à 0,5 ha **d'un seul tenant** et de largeur supérieure à 20 m, laissant après la coupe moins de 10 % du couvert constitué par un boisement ou une régénération de plus 5 m de haut. »

Une surface de coupe rase est considérée **d'un seul tenant** lorsque la séparation entre différentes coupes rases ne respecte pas : d'un point de vue spatial une distance $> 100 \text{ m} \pm 20 \%$; ou d'un point de vue temporel une hauteur de régénération ou du peuplement $> 5 \text{ m}$; ou le maintien d'une continuité qui permet de réduire les impacts cumulés des coupes rases au sein de l'Unité de gestion³⁸⁷, notamment sur les valeurs environnementales³⁸⁸, la stabilité des peuplements restants et les usages de communautés locales.

Il y a interdiction de coupe rase dans (i) **les zones à Hautes Valeurs de Conservation** (voir Annexe 6.2-1 et Annexe 6.2-2), le réseau de conservation couvrant au minimum 10 % de l'Unité de Gestion et (ii) **les zones tampons** (dissensus actuel sur les distances 10 m ou 30 m minimum) aux bords des cours d'eau, plans d'eau et zones humides.

Enfin, en dehors des interdictions listées ci-dessus, les seuils actuels pourraient connaître un abaissement à 5 ha ou 4 ha (divergence du Groupe de Travail entre les chambres), un maintien d'un seuil à 2 ha dans les cas de fortes pentes ($> 30 \%$) et une limite à 10 ha pour quelques cas à justifier (questions non consensuelles) ; les exceptions persistent dans les cas de forts dégâts provoqués par

³⁸⁷ « une aire ou des aires spatiales candidates à la certification FSC, et dont les frontières sont clairement définies, gérées d'après un ensemble d'objectifs de gestion à long terme explicites, exprimés dans le document de gestion. Cette aire ou ces aires incluent : tous les équipements et aire(s) au sein de cette/ces aire(s) spatiale(s) ou adjacent(e)(s) à cette/ces aire(s) spatiale(s), ou les aires ayant un titre légal ou le contrôle de gestion de, ou gérées par ou au nom de l'Organisation, dans le but de contribuer aux objectifs de gestion ; et tous les équipements et aire(s) extérieur(e)(s) à/aux aire(s) spatiale(s) et non adjacent(e)s à cette/ces aire(s) et géré(e)s par ou au nom de l'Organisation, uniquement dans le but de contribuer à ces objectifs de gestion. » (Source : FSC-STD-01-001 V5-0).

³⁸⁸ « ensemble des éléments de l'environnement biophysique et humain suivants : fonction des écosystèmes (dont séquestration et stockage du carbone) ; diversité biologique ; ressources en eau ; sols ; atmosphère ; valeurs du paysage (y compris valeurs culturelles et spirituelles). La valeur actuelle attribuée à ces éléments dépend des perceptions humaines et sociétales » (Source : FSC-STD-01-001 V5-0).

un aléa exceptionnel, d'état de santé critique du peuplement ou d'activités de restauration des caractéristiques naturelles des milieux nécessitant de rouvrir ou de convertir le peuplement en place vers des conditions plus naturelles.

2.5 Conclusion et perspectives

Si la question de la pratique de la coupe rase est au cœur des débats des deux certifications actuellement utilisées en France, le sujet est en voie de convergence et se traduira par une limitation mesurée de la taille des coupes rases par rapport aux actuels référentiels, ce qui implique pour les propriétaires adhérents une certaine adaptation dans leur gestion ou leur planification (voir « 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 ? » et « Question 3.1. Quelles sont les caractéristiques technico-économiques générales des coupes rases ? »).

2.6 Références bibliographiques

- Bastien, Y., Gauberville, C. (Eds.), 2011. Vocabulaire forestier. Ecologie, gestion et conservation des espaces boisés. Institut pour le Développement Forestier, Paris.
- Forest Stewardship Council, 2018. FSC-STD-60-004 V2-0 EN, International Generic Indicators.
- Forest Stewardship Council, 2016. FSC-STD-FRA-01-2016 France Métropolitaine – Toutes Forêts, Référentiel FSC® pour la Gestion Responsable des Forêts Françaises.
- Forest Stewardship Council, 2015. FSC-STD-01-001 V5-2 EN, FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2017. Instruction technique DGPE/SDFCB/2017-69.
- PEFC Council, 2018. PEFC ST 1003:2018, Sustainable Forest Management - Requirements.
- PEFC France, 2016. PEFC ST 1003-1 : 2016, Règles de la gestion forestière durable - Exigences pour la France métropolitaine – VERSION 2.
- Smith, D.M., 1986. The practice of silviculture, Eighth Edition. ed. John Wiley & Sons, New-York.

2.7 Annexes

Annexe 6.2-1 : Définition des zones à Hautes Valeurs de Conservation (extrait du référentiel FSC-STD-01-001 V5-0, 6.5.1 à 6.5.6)

« 6.5.1 L'Organisation doit établir un réseau d'aires de conservation couvrant un minimum de 10 % de surface de l'Unité de Gestion. Ce réseau est constitué :

1. d'une trame de vieux bois, composée d'îlots en libre évolution, d'îlots de vieillissement ; et
2. des zonages à Hautes Valeurs de Conservation (tels que définis dans le cadre HVC en annexe E et le principe 9) ; incluant les habitats et zones de protections définies et cartographiées dans le critère 6.4 (espèces et habitats patrimoniaux et leurs périmètres de protection) ; et/ou
3. d'autres habitats définis dans les indicateurs 6.6.3 (milieux naturels associés à la forêt), 6.7.1 et 6.7.2 (bandes tampons des cours d'eau et zones humides) ; et/ou
4. d'autres peuplements gérés de façon à préserver ou restaurer les caractéristiques des habitats vers des conditions plus naturelles, qui peuvent inclure des lisières étagées et diversifiées.

6.5.2 La gestion du réseau d'aires de conservation a pour objectif de conserver ou restaurer les caractéristiques naturelles des milieux.

6.5.3 Les composantes du réseau d'aires de conservation sont cartographiées, inscrites dans le document de gestion et leurs surfaces sont estimées. Les limites des îlots en libre évolution sont vérifiables sur le terrain lorsqu'une coupe est prévue dans l'unité de gestion ou à proximité, et en cas d'enjeux concernant l'accueil du public.

6.5.4 Les îlots en libre évolution et les îlots de vieillissement sont identifiés sur la base des meilleures informations disponibles et de la concertation avec les parties prenantes, afin de maximiser les enjeux environnementaux (représentativité des habitats à l'échelle du paysage, présence de HVC, de valeurs environnementales en général) et en tenant compte des enjeux :

1. économiques (minimisation du manque à gagner pour le propriétaire/gestionnaire au vu de l'accessibilité des peuplements, de la valeur des bois sur pieds),
2. et sociaux (sécurité du public).

6.5.5 Les surfaces désignées comme îlots en libre évolution et îlots de vieillissement couvrent au total au minimum 3% de la surface de l'unité de gestion, dont au minimum 1% d'îlots en libre évolution.

6.5.6 La taille minimale d'un îlot en libre évolution ou de vieillissement est fixée à 0,5 ha. »

Annexe 6.2-2 : Types, statut et zonages des Zones à Hautes Valeurs de Conservation (extrait du référentiel FSC-STD-01-001 V5-0)

Type de HVC	Statut	Zonage à HVC
1 et 3	À définir selon les meilleures informations disponibles	Zonage établi sur : <ul style="list-style-type: none"> - les cartographies locales de forêts subnaturelles - les données apportées par les zonages ZNIEFF 1 et Natura 2000 (ZSC, ZPS) - les données apportées par les autres zones de protection forte définies à l'échelle nationale - la description des caractéristiques des habitats composant l'UG - les données issues de la concertation avec les parties prenantes - les données issues de la bibliographie et bases de données naturalistes.
2	Absents en métropole	
4	Défini	Forêt à rôle de protection réglementaire (autre que périurbaine)
	À définir selon les meilleures informations disponibles	Autre zonage défini par l'Organisation
5	Défini	Périmètres de protection des captages d'eau immédiats et rapprochés
	À définir selon les meilleures informations disponibles	Autres zonages définis par l'Organisation
6	Défini	Forêt de protection périurbaine réglementaire
	À définir selon les meilleures informations disponibles	<ul style="list-style-type: none"> • Autres zonages définis à l'échelle nationale (notamment sites archéologiques des Directions Régionales des Affaires Culturelles) • Autres zonages définis par l'Organisation

Volet 1 | Thème 6. Aspects réglementaires, fiscaux, et économiques de la pratique des coupes rases

Question 3.1. Quelles sont les caractéristiques technico-économiques générales des coupes rases ?

Sommaire

3.1.1 Contexte historique de la pratique des coupes rases en France	525
3.1.2 Les coupes rases dans la gestion forestière	525
3.1.3 Les coupes rases sous l'angle économique	526
3.1.4 Les coupes rases : un équilibre à trouver entre économie et écologie	526
3.1.5 Références bibliographiques	527

Rédacteur

Jean-Luc **Peyron**, Académie d'Agriculture de France, Paris (75), France

3.1.1 Contexte historique de la pratique des coupes rases en France

Avant le développement sylvicole initié au XVIII^e siècle, celui des Lumières, la pratique des coupes rases a souvent été prescrite pour la surveillance des coupes qu'elle permettait, contrairement à des prélèvements disséminés dans toute la forêt. Ainsi, dans son instruction pour les ventes des bois du Roy, de Froidour (1668) note-t-il : « *L'abus des ventes par éclaircissement ou expurgade, [...] dorénavant il faut s'en abstenir* ». L'enlèvement complet du couvert était alors particulièrement adapté au régime du taillis recherchant une production de bois de feu par reproduction végétative sur souches et à moindre coût. Cependant, le besoin grandissant de bois d'œuvre a conduit à la conversion des taillis en taillis-sous-futaie puis en futaies et, pour ces dernières, à la préconisation de la « méthode du réensemencement naturel et des éclaircies » (Lorentz et Parade, 1837). Les coupes rases ont ainsi été reléguées au second plan. Parallèlement, la protection des sols littoraux et montagnards a nécessité des plantations. Elle a ouvert la voie à d'autres types de reboisements, visant quant à eux la production de bois : un retour mesuré s'est alors opéré, aux côtés de la sylviculture traditionnelle, vers un système par coupes rases précédant une régénération artificielle des peuplements, voire leur transformation par changement d'essence ou de variété.

3.1.2 Les coupes rases dans la gestion forestière

Ainsi sommairement replacées dans leur contexte historique, les coupes rases doivent aussi être situées par rapport aux enjeux auxquels elles répondent. Ce point est rarement fait mais on le trouve dans quelques ouvrages avec un traitement souvent sommaire (Kimmins, 1997, Beck *et al.*, 2021). Il faut dire que les arguments en faveur des coupes rases ou à leur encontre sont rarement génériques et incontestables : ils dépendent des conditions locales du milieu, des peuplements et du contexte socio-économique ; ils reposent aussi sur la manière avec laquelle les coupes sont effectivement réalisées et sur les précautions qui sont éventuellement prises pour ne pas sacrifier l'écologie à une économie à court terme ou, inversement, l'économie à l'écologie. Ceci dit, les coupes rases peuvent être réalisées pour de multiples raisons, qui ne sont pas toutes économiques :

- il n'est pas rare que les coupes rases soient subies, à la suite d'un sinistre ou d'un échec de la régénération naturelle, voire lorsque le gestionnaire se heurte à l'impossibilité d'une régénération naturelle adaptée à la demande de bois : le maintien de l'état boisé conduit à une plantation dont la préparation suppose au préalable la récolte des bois de la parcelle ;
- une coupe rase peut être pratiquée pour des raisons forestières et écologiques à la fois, du fait du comportement de certaines essences (notamment vis-à-vis de la lumière), des conditions

de sol (blocage éventuel de la régénération) ou bien encore de la nécessaire adaptation à la station et au climat : elle précède alors généralement un changement d'essences ou de provenances ;

- dans certaines conditions (peuplement vieilli ou partiellement sinistré par une tempête par exemple), les coupes partielles représentent un risque pour les exploitants forestiers : elles sont supposées plus accidentogènes qu'une coupe rase qui pourra ainsi apparaître indiquée ;
- à la considération des risques vient s'ajouter celle de l'ergonomie : les coupes rases sont plus favorables à une rationalisation des interventions allant jusqu'à leur mécanisation ;
- de manière générale, un système de gestion de type coupe rase-plantation est souvent apparu pour les décideurs comme plus simple à gérer et mieux maîtrisable qu'une régénération naturelle ou une gestion en futaie irrégulière qui demandent une plus forte technicité et un certain « doigté » tant dans la réalisation spatiale que le suivi temporel des opérations.

3.1.3 Les coupes rases sous l'angle économique

Cependant, c'est souvent pour des raisons économiques que la coupe rase est promue :

- il s'agit d'abord de gagner en productivité à la faveur d'un changement de matériel génétique ; un exemple bien documenté à cet égard est celui du Massif des Landes de Gascogne dans lequel la productivité moyenne d'une génération de pin maritime a plus que doublé entre 1960 et 2000, passant de moins de 5 m³/ha/an début des années 1960 à près de 12 m³/ha/an avant la tempête de 1999 (Loustau *et al.*, 1999 ; Thivolle-Cazat *et Najar*, 2001) : en l'occurrence, la plantation a permis de bénéficier des gains offerts par l'amélioration génétique ; dans d'autres cas, c'est simplement le changement d'essence qui permet le gain de productivité et une meilleure adéquation au marché : un exemple répandu est ici celui du développement des résineux (épicéa, douglas, pins) qui étaient peu présents en France où ils restent minoritaires alors qu'ils sont réclamés par les marchés qui continuent d'en importer d'assez grandes quantités de l'étranger ;
- ainsi, le système coupe rase-plantation peut être onéreux mais les coûts qu'il engendre sont supposés couverts par ses avantages aux niveaux tant quantitatif (gains de productivité) que qualitatif (adéquation aux marchés) ;
- par ailleurs, dans ce système, les coûts d'exploitation sont réduits par la concentration des opérations qui évite également de laisser sur pied des arbres blessés lors du débardage ;
- parmi les autres atouts reconnus au système coupe rase-plantation figurent les possibilités de rationalisation des opérations d'exploitation forestière, de renouvellement, de gestion, de suivi, dont la surveillance phytosanitaire, qui sont en général d'autant moins coûteuses par unité de surface que la taille des chantiers est grande. De même la protection des jeunes plants contre les cerfs, chevreuils et autres animaux est plus facile en futaie régulière qu'en futaie irrégulière, les périmètres à défendre augmentant généralement moins vite que la surface des aires à protéger.

3.1.4 Les coupes rases : un équilibre à trouver entre économie et écologie

Beaucoup d'analyses, notamment récentes, visant les coupes rases s'intéressent en général peu à ces arguments d'ordre économique pour se concentrer sur les impacts écologiques et paysagers (Beck *et al.*, 2021 ; Sotirov *et al.*, 2022). On peut le regretter dans la mesure où la gestion forestière durable est avant tout une affaire de compromis à trouver entre des dimensions écologiques, économiques et sociales. Il n'en reste pas moins vrai que des approches visant à réduire ces impacts écologiques et paysagers tendent à faciliter une telle recherche de compromis. Il est ensuite possible d'en évaluer les conséquences économiques. Ces approches peuvent porter sur les modalités d'exécution des coupes

rases qui sont discutées par ailleurs dans cette expertise. Elles peuvent aussi éviter ou limiter les coupes rases de plusieurs manières :

- 1) en réduisant la taille des chantiers dans l'espace ;
- 2) en allongeant la durée des révolutions, c'est-à-dire du cycle forestier, pour espacer dans le temps les phases au cours desquelles le couvert est absent et donc réduire à un moment donné, la part de l'espace forestier concerné par de telles coupes ;
- 3) en préférant une régénération naturelle qui étale les coupes dans le temps, rend progressif le renouvellement des peuplements et conserve une continuité de couvert ;
- 4) en faisant évoluer la structure spatio-temporelle des peuplements vers une futaie irrégulière est à couvert continu.

Dans ce qui suit, deux sujets sont plus particulièrement développés :

- une analyse économique d'opérations de renouvellement forestier (exploitation forestière et reconstitution) visant à mettre en évidence l'évolution des coûts avec la taille des chantiers ; elle se situe dans le cadre du point (1) ci-dessus ;
- une analyse bibliographique des comparaisons économiques entre système de type coupe rase-plantation (futaie régulière) et système de gestion en futaie irrégulière à couvert continu ; elle traite principalement le point (4) ci-dessus mais aborde aussi les points (2) et (3).

3.1.5 Références bibliographiques

Beck, C., Vigreux, J., Sirugue, D., 2021. Les coupes à blanc -Une problématique d'actualité du massif du Morvan. Cahiers scientifiques du Parc naturel régional du Morvan 13, 112.

de Froidour, L., 1668. Instruction pour les ventes des bois du Roy.

Kimmins, H., 1997. *Balancing Act/ Environmental Issues in Forestry*, 2nd ed. University of British Columbia Press, Vancouver.

Lorentz, B., Parade, A., 1837. Cours élémentaire de culture des bois, 1e édition rééditée en 1855, 1860, 1867 et 1883. ed. Huzard, Grimblot, Paris, Nancy.

Loustau, D., Bert, D., Trichet, P., 1999. Fonctionnement primaire et productivité de la forêt landaise : implications pour une gestion durable. *Revue forestière française* 51, 571–591. <https://doi.org/10.4267/2042/5467>

Sotirov, M., Meier-Landsberg, E., Wippel, B., Deparnay-Grunenberg, A., Sirotti, I., Ott, S., 2022. Regulating clearcutting in European forests. Policy options and socio-economic analysis. (Final study report). The Greens/EFA Group in the European Parliament, Brussels, Freiburg im Breisgau.

Thivolle-Cazat, A., Najar, M., 2001. Evolution de la productivité et de la récolte du pin maritime dans le massif landais. Evaluation de la disponibilité future en Gironde. *Revue forestière française* 53, 350–355. <https://doi.org/10.4267/2042/5249>

Volet 1 | Thème 6. Aspects réglementaires, fiscaux, et économiques de la pratique des coupes rases

Question 3.2. Quels sont les implications économiques d'une réduction de la taille des coupes rases ?

Sommaire

3.2.1 Contexte et problématique	528
3.2.2 Matériel et méthodes	528
3.2.3 Résultats et réponses à la question posée	531
3.2.4 Perspectives	533

Rédacteurs

Jean-Luc **Peyron**, Académie d'Agriculture de France, Paris (75), France

Marin **Chaumet**, FCBA, Pôle Biotechnologies Sylviculture Avancée, Délégation Centre-Ouest, Verneuil-sur-Vienne (87), France

Contributeurs

Jean-Philippe **Terreaux**, INRAE, UR ETTIS, Gazinet-Cestas (33), France

Loïc **Cotten**, Alliance Forêts Bois, Direction du développement, Cestas (33), France

Hanitra **Rakotoarison**, Office national des forêts, Recherche développement innovation, Fontainebleau (77), France

Erwin **Ulrich**, Office national des forêts, Recherche développement innovation, Fontainebleau (77), France

Didier **Pischedda**, Office national des forêts, Département commercial bois, Paris (75), France

3.2.1 Contexte et problématique

On oppose en général la coupe rase supprimant le couvert sur la totalité d'un peuplement forestier aux coupes partielles concernant des arbres individuels à l'intérieur d'un peuplement. Ces dernières maintiennent un couvert forestier à l'exception des trouées résultant de l'extraction des arbres enlevés. Mais, pour un peuplement de grande étendue, de plusieurs hectares voire dizaines d'hectares, il existe tout un gradient de situations entre des trouées dispersées au sein du peuplement et une coupe rase de l'ensemble. Ce gradient varie avec l'étendue des zones élémentaires sur lesquelles le couvert est supprimé. On pressent évidemment que les impacts écologiques et paysagers augmentent avec cette étendue, ce qui conduit à suggérer une diminution des surfaces traitées d'un seul tenant. Cependant, dans le cadre d'une gestion durable recherchant un compromis entre aspects écologiques, économiques et sociaux, il faut aussi s'interroger sur les conséquences économiques d'une telle diminution. La question traitée ici est donc : comment la taille des chantiers affecte-t-elle le coût des travaux sylvicoles et d'exploitation ? Elle fait directement écho aux discussions en cours au niveau national pour réglementer la taille des coupes rases.

3.2.2 Matériel et méthodes

Il s'agit ici d'analyser l'évolution des coûts des chantiers forestiers avec leur taille. Que l'opération concerne la sylviculture ou l'exploitation forestière, son coût global se structure autour de coûts élémentaires qui sont de plusieurs natures et comprennent :

- des coûts directement liés à l'exécution d'un chantier donné et variables ou non selon la taille de celui-ci :
 - coûts variables :
 - salaire des opérateurs ;

- consommables ;
- utilisation du matériel ;
- visites relatives à l'avancement du chantier dont la durée, donc la taille, détermine le nombre ;
- coûts directs fixes, indépendants de la taille du chantier :
 - transport et logistique du chantier ;
 - mise en place et réception du chantier ;
 - gestion administrative du chantier (devis, déclaration de chantier, facturation, etc.)
- des coûts indirects liés à la gestion de l'entreprise et dépendants du volume d'activités, donc en partie fixes et en partie variables :
 - relation client et prospection ;
 - frais de fonctionnement et gestion de l'entreprise.

Le coût d'un chantier est de la forme : (coût fixe/chantier) + (coût variable/ha) x (surface). Rapporté à l'hectare, il devient : (coût variable/ha) + (coût fixe/chantier) ÷ (surface). Lorsqu'augmente la surface, le coût variable par hectare est théoriquement inchangé tandis que le rapport entre le coût fixe par chantier et la surface diminue : l'activité engendre des économies d'échelle du fait de l'existence de coûts fixes qui pèsent plus sur l'exécution des petits chantiers que des gros.

Ce sont ces économies d'échelle qu'il convient de mettre empiriquement en évidence et de mesurer. Afin d'y parvenir pour les opérations se rattachant aux coupes rases, deux contributions majeures ont été produites spécifiquement pour l'expertise CRREF par l'ONF et la coopérative forestière AFB. Ces deux contributions ont été consolidées par FCBA (Marin Chaumet) et Jean-Luc Peyron.

La contribution de l'ONF utilise deux bases de données :

- l'outil « Production bois » renseignant sur le type et la surface des coupes réalisées en forêts publiques sur la période 2017-2020 ;
- la base métier « Teck » couvrant l'ensemble des travaux sylvicoles effectués en forêts publiques et notamment ceux relatifs aux surfaces plantées considérées depuis l'installation des plants jusqu'à ce que les arbres aient atteint trois mètres de hauteur ; de cette base ont été extraites 3 852 lignes de chantiers élémentaires permettant d'analyser les coûts de travaux en 2020 pour des surfaces plantées après coupe rase ; les essences au profit desquelles sont effectués ces chantiers sont le chêne sessile (45 % des chantiers élémentaires), le douglas (9 %), le chêne pédonculé (8 %), l'épicéa (5 %), le pin maritime (3 %), le pin sylvestre, le hêtre et les mélèzes (de l'ordre de 2 % chacun).

La contribution d'AFB s'appuie sur :

- la base de données métier « Sharewood » qui couvre l'ensemble des travaux sylvicoles effectués chez les adhérents sur la période 2020-2022 et comporte 16 132 lignes de chantiers ;
- les coûts de travaux en fonction de la surface du chantier dans le massif landais.

Les caractéristiques générales des deux jeux de données sont synthétisées dans le Tableau 6.3.2-1 et les Figure 6.3.2-1 et Figure 6.3.2-2. Elles montrent des parcelles en moyenne plus grandes pour les chantiers traités par AFB. Cette réalité ne reflète pas une différence entre forêts privées et publiques mais plutôt entre les Landes de Gascogne et les forêts publiques françaises. Les données ne sont donc pas représentatives de la situation française mais illustrent plutôt deux situations bien typées sur des surfaces néanmoins importantes.

Dans les deux cas, les résultats ont été ventilés par classes de surface dont les limites ont été fixées à 0,5 ha, 1 ha, 2 ha, 5 ha, 10 ha, 20 ha, 25 ha et 50 ha. Cette ventilation est cohérente avec les seuils

utilisés (avant la révision en cours) par les systèmes PEFC et FSC de certification de la gestion durable des forêts : 2, 5, 10 et 25 ha. Dans les deux cas également, les types de travaux concernent plus la mise en place du peuplement à venir que l'exploitation du peuplement à renouveler. Ils constituent cependant une référence pour analyser la variation des coûts de travaux en forêt selon la taille des chantiers issus de coupe rase.

Tableau 6.3.2-1 : Caractéristiques générales des chantiers effectués en forêts publiques sous l'égide de l'ONF entre 2017 et 2020 et en forêts privées dans le cadre d'AFB entre 2020 et 2022.

	ONF	AFB
Taille moyenne de chantier (ha)	3,3 Forêts domaniales : 4,5 Forêts des collectivités : 2,9	6,5
Part des chantiers de plus de 2 ha	en nombre	52 %
	en surface	84 %
Part des chantiers de plus de 5 ha	en nombre	16 %
	en surface	46 %
Part des chantiers de plus de 10 ha	en nombre	4 %
	en surface	17 %

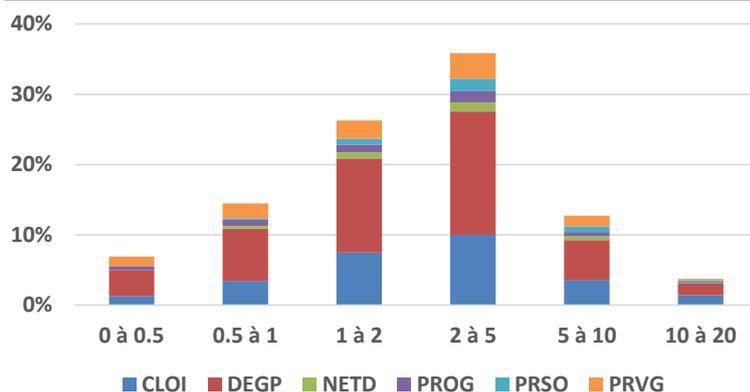


Figure 6.3.2-1 : Répartition des chantiers suivis par l'ONF en 2020 par taille et type. Les types sont la création et l'entretien de cloisonnements (CLOI), le dégagement de plantation ou de semis artificiels (DEGP), le nettoyage ou le dépressage (NETD), les travaux de protection contre le gibier (PROG), la préparation du sol avant régénération naturelle ou artificielle (PRSO), la préparation de la végétation avant régénération naturelle ou artificielle (PRVG).

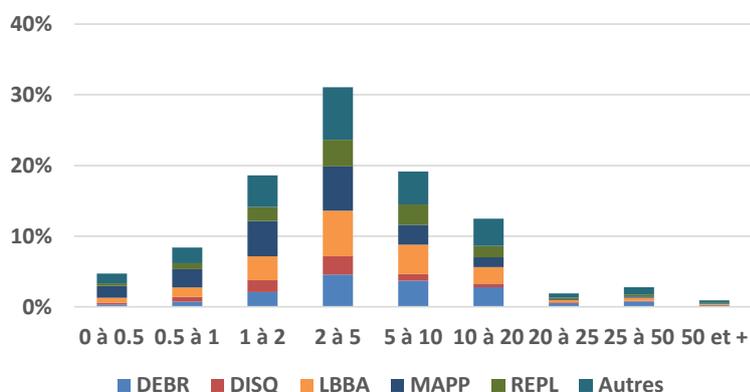


Figure 6.3.2-2 : Répartition des chantiers suivis par AFB en 2020-2022 par taille et type. Les types distingués sont le débroussaillage au rouleau landais (DEBR), le disquage (DISQ), le labour en bandes (LBBA), la mise en place de plants (MAPP) et la reprise de labour (REPL). La catégorie « Autres » regroupe des types qui représentent

Par ailleurs, les coûts de travaux concernent uniquement les travaux internalisés par les entreprises, ils ne sont pas représentatifs du coût total d'un chantier de reboisement (de la préparation du terrain aux derniers entretiens) qui peut, selon la stratégie propre à l'entreprise, comporter une part plus ou moins

importante de travaux réalisés en sous-traitance. Pour cette raison les données économiques relatives à l'ONF seront par la suite considérées comme représentatives des chantiers majoritairement effectués manuellement, et celles d'AFB représentatives des chantiers majoritairement réalisés mécaniquement.

individuellement moins de chantiers que les précédents et comprend notamment le dégagement manuel sur la ligne de plantation, le gyrobroyage, le jalonnage et le travail manuel mécanisé.

3.2.3 Résultats et réponses à la question posée

L'analyse des coûts des chantiers en fonction de leur taille a été effectuée en trois étapes :

- 1) analyse de la variation des coûts à l'hectare selon la classe de taille du chantier, relativement au coût de la classe allant de 2 à 5 ha qui admet le plus grand nombre de chantiers, ce qui justifie qu'elle soit prise en référence ;
- 2) simulation des conséquences sur le nombre de chantiers d'une limitation de la surface des coupes rases à 5 ou 2 ha ;
- 3) simulation des conséquences sur le coût moyen à l'hectare d'une limitation de la surface des coupes rases à 5 ou 2 ha.

L'analyse du coût à l'hectare des travaux montre, de manière générale, une diminution avec la taille du chantier. En partant des petits chantiers, cette diminution est d'abord forte avec la taille, puis plus faible. La variation du coût est beaucoup plus forte pour les chantiers très mécanisés et reste très significative au-delà de 2 à 5 ha avec une diminution par 2 du coût pour les chantiers de 10 à 20 ha et par 4 pour les chantiers de plus de 50 ha. Pour les chantiers effectués manuellement, la diminution du coût est nette jusqu'à la classe 2 à 5 ha à partir de laquelle on note une stabilisation.

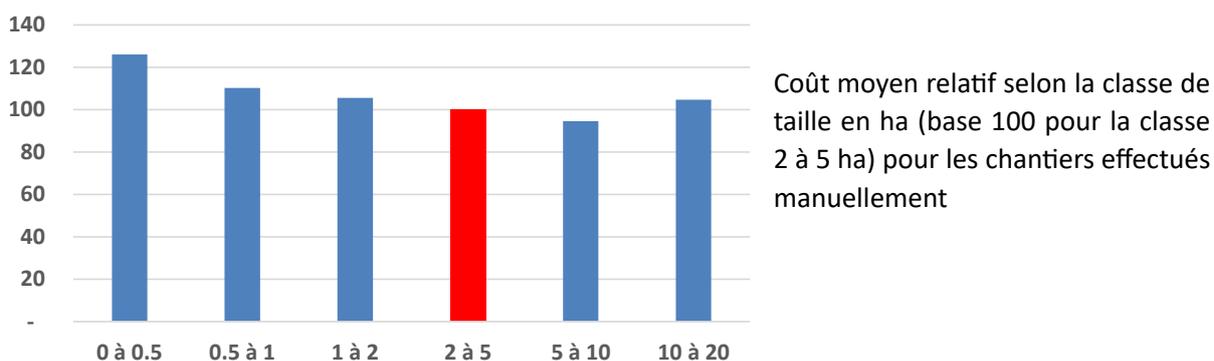


Figure 6.3.2-3 : Variation du coût moyen à l'hectare des chantiers majoritairement manuels effectués par l'ONF en 2020 par taille.

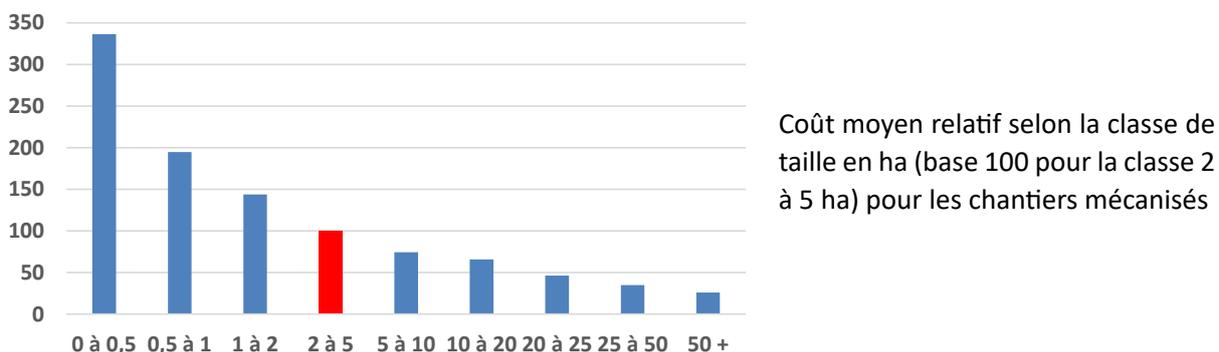


Figure 6.3.2-4 : Variation du coût moyen à l'hectare des chantiers majoritairement mécanisés réalisés par AFB en 2020-22 par taille.

La limitation de la taille des chantiers à 5 ou 2 ha est étudiée en faisant l'hypothèse que tous les chantiers de taille supérieure au seuil seront divisés dans le temps en un nombre minimal de chantiers de taille inférieure ou égale à ce seuil : par exemple, réaménager la taille des chantiers de la classe 5 à 10 ha à la suite d'une limitation de leur taille à 5 ha revient à doubler le nombre de chantiers initialement dans cette classe. Les résultats montrent qu'une telle limitation contribue à augmenter

fortement le nombre de chantiers, notamment pour AFB (Figure 6.3.2-5). Concrètement, le nombre de chantiers double environ pour AFB avec une limitation de la taille à 5 ha et pour l’ONF avec une limitation à 2 ha. Elle quadruple dans ce dernier cas pour AFB.

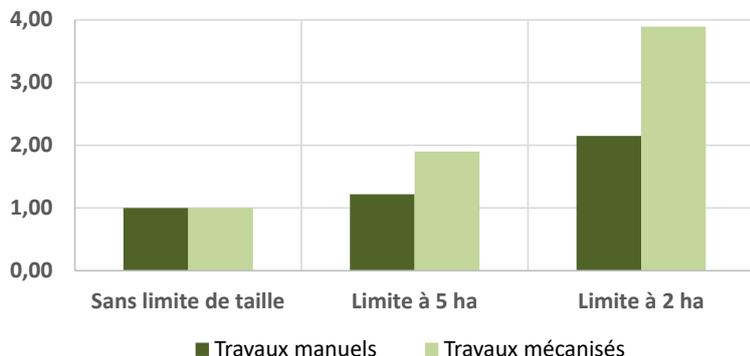


Figure 6.3.2-5 : Facteur par lequel se trouve multiplié le nombre de chantiers lorsqu'on limite leur taille à 5 ha ou à 2 ha avec les données de l’ONF et celles d’AFB. Ce facteur est aussi celui par lequel est divisée la taille moyenne des chantiers lorsque ces limitations sont introduites.

Une simulation des conséquences de telles limitations sur le coût des chantiers peut alors être effectuée sous l’hypothèse que les gros chantiers sont divisés en petits chantiers de coût à l’hectare égal à celui de la classe seuil. Il s’agit d’une hypothèse optimiste (Supposons une limite à 5 ha ; alors par exemple un chantier global de 6 ha pourra être divisé en 2 chantiers espacés dans le temps, donc nécessitant de payer à chaque fois les coûts fixes, par exemple de 5 ha et 1 ha ; de 4 ha et 2 ha ou encore de 3 ha puis 3 ha. Du fait de la décroissance de la fonction représentée, dans les deux cas, le coût moyen à l’hectare sera ainsi plus élevé que le coût moyen d’un chantier de 5 ha). Cette simulation est effectuée sur l’ensemble des travaux. Les résultats montrent que le coût serait peu modifié pour les travaux effectués manuellement mais très affecté pour les travaux mécanisés avec une augmentation de 50 % pour une limitation à 5 ha et un doublement pour une limitation à 2 ha.

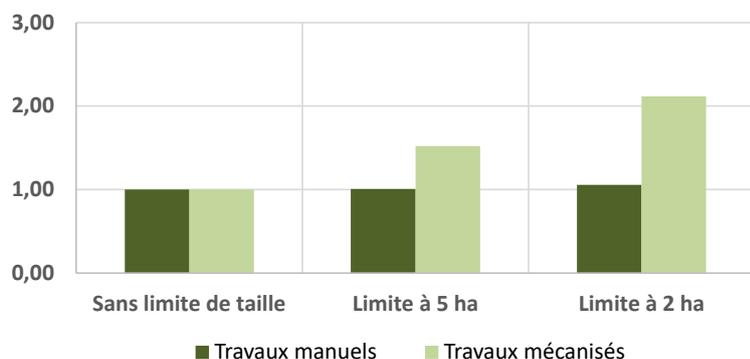


Figure 6.3.2-6 : Facteur par lequel se trouve multiplié le coût à l'hectare des chantiers mécanisés et manuels lorsqu'on limite leur taille à 5 ha ou à 2 ha avec les données de l'ONF et celles d'AFB.

Ces résultats méritent d’être complétés par quelques considérations rapides, théoriques et non quantifiées, à défaut d’étude empirique, sur les conséquences d’une limitation de la taille des coupes à l’échelle de l’entreprise, d’une part, à l’échelle macroéconomique, d’autre part.

À l’échelle de l’entreprise, on peut présumer une adaptation consistant à limiter la hausse des coûts. Cette réaction peut consister par exemple à regrouper les petits chantiers localement pour conserver une partie des économies d’échelle, en évitant notamment de déplacer les engins sur de longues distances.

Au niveau macroéconomique, au-delà du renchérissement de l'exploitation forestière et de la reconstitution, donc de la baisse corrélative des revenus de la sylviculture, on pourrait s'attendre, dans des proportions difficiles à évaluer en l'absence d'analyse approfondie, à une diminution des travaux de renouvellement forestier, à un moindre développement de la mécanisation, à une mise en difficultés d'entreprises de travaux forestiers, à une diminution de la récolte de bois compensée par des importations ou un recours à d'autres matériaux, à des répercussions donc sur le commerce extérieur, sur la création de valeur et sur les émissions de CO₂ susceptibles d'être accrues par l'accroissement du nombre de chantiers et du commerce extérieur.

À partir du moment où les forêts dont la gestion est écocertifiée sont soumises à une limitation de la taille de leurs coupes rases, il est également opportun de s'interroger sur la distorsion créée par l'absence de réglementation pour les autres forêts ; les augmentations de coûts sont alors uniquement supportées par les forêts sous écocertification.

3.2.4 Perspectives

Des recherches plus poussées mériteraient d'être conduites pour mieux apprécier les conséquences d'une limitation des coupes rases, au niveau microéconomique en élargissant le champ des opérateurs pris en compte, notamment au service de la forêt privée, au niveau microéconomique en quantifiant les conséquences dont une liste a été esquissée ci-dessus.

Volet 1 | Thème 6. Aspects réglementaires, fiscaux, et économiques de la pratique des coupes rases

Question 3.3. Quelle est l’opportunité économique d’une conversion entre futaies régulière et irrégulière ?

Sommaire

3.3.1 Contexte et problématique	534
3.3.2 Glossaire.....	535
3.3.3 Matériels et méthodes, moyens mobilisés, types d’analyse pratiquées	536
3.3.3.1 Applications de la méthode générale d’estimation de la valeur d’une forêt	536
3.3.3.2 Difficultés méthodologiques relevées dans la bibliographie	539
3.3.3.3 Détermination et actualisation des avantages nets futurs espérés	542
3.3.3.3.1 Le besoin d’un modèle de croissance.....	542
3.3.3.3.2 Les revenus marchands	542
3.3.3.3.3 Les dépenses d’exploitation et frais de gestion	543
3.3.3.3.4 Les données relatives aux services écosystémiques non marchands	543
3.3.3.3.5 La prise en compte des aléas	543
3.3.3.3.6 Les choix des propriétaires forestiers privés.....	544
3.3.3.3.7 La fixation d’un taux d’actualisation	544
3.3.4 Quelles réponses à l’opportunité d’une conversion ?	545
3.3.5 Perspectives	545
3.3.5.1 Des méthodes existent, il faut les appliquer	545
3.3.5.2 Un besoin de données criant.....	546
3.3.5.3 Développer de nouveaux modèles	546
3.3.5.4 Besoin de nouvelles recherches sur les gestions multifonctionnelles des forêts à différentes échelles spatiales et temporelles	546
3.3.6 Références bibliographiques	547

Rédacteurs

Jean-Luc **Peyron**, Académie d’Agriculture de France, Paris (75), France

Serge **Garcia**, INRAE, BETA, Nancy (54), France

Contributeur

Jean-Philippe **Terreaux**, INRAE, UR ETTIS, Gazinet-Cestas (33), France

3.3.1 Contexte et problématique

La question des coupes rases se pose de façon de plus en plus insistante en raison, notamment, des effets de cette pratique sur le fonctionnement écologique des forêts et le paysage (voir Volet 1, « Thème 3. Mobilisations sociales passées et contemporaines autour des coupes rases », « 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 »). Cependant, son volet économique est important non seulement parce qu’il vient compléter les points de vue environnementaux et socio-culturels afin d’aboutir à une vision plus complète et équilibrée de la question ; par l’application d’une méthode qui lui est propre, il offre aussi en effet une possibilité pour arbitrer entre différentes options différant par leur temporalité, leur assortiment multifonctionnel et leur niveau de risques, entre autres.

Une façon d’éviter les coupes rases consiste à structurer la forêt dans l’espace et le temps en peuplements inéquiennes, irréguliers ou encore jardinés, plutôt qu’équiennes ou réguliers. En retenant, pour simplifier, les deux qualificatifs « régulier » et « irrégulier », il s’agit alors de convertir un peuplement régulier en futaie irrégulière. On se focalise ici sur la question de l’opportunité et du

coût économique d'une conversion entre futaies régulière et irrégulière, pour laquelle existe une bibliographie sinon volumineuse, du moins conséquente, utile et intéressante.

La question de la conversion entre futaies régulière et irrégulière donne également l'occasion d'aborder à la marge deux autres sujets qui ont été cités précédemment (voir « Question 3.1. Quelles sont les caractéristiques technico-économiques générales des coupes rases ? ») : la longueur du cycle forestier et le mode de régénération, naturel ou artificiel, des peuplements.

3.3.2 Glossaire

Peuplement régulier : ensemble équienné d'arbres, c'est-à-dire dans lequel tous les arbres ont le même âge ou approximativement le même âge.

Peuplement irrégulier : ensemble d'arbres qui peut contenir des collectifs ou bouquets équiennés mais qui est globalement inéquienné, c'est-à-dire constitué d'arbres sinon de tous âges, du moins d'âges variables.

Peuplement jardiné : peuplement irrégulier constitué d'arbres de tous âges et bien répartis, c'est-à-dire en général en nombre décroissant avec leur dimension.

Futaie régulière : ensemble de peuplements réguliers juxtaposés ; la futaie régulière contient globalement des arbres sinon de tous âges du moins d'âges très variables, tandis que ses constituants sont de structure élémentaire équienné.

Futaie irrégulière : ensemble de peuplements irréguliers juxtaposés ; la structure globale de cet ensemble diffère peu de la structure élémentaire de ses constituants si bien que les méthodes d'analyse des peuplements irréguliers et de la futaie irrégulière sont les mêmes.

Services écosystémiques : successivement, avantages que la société retire du fonctionnement des écosystèmes selon l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (Hassan *et al.*, 2005) ; puis, contributions des structures et des fonctions des écosystèmes au bien-être humain (Burkhard *et al.*, 2012) ; et plus récemment, contributions de la nature aux sociétés, positives comme négatives, représentant différentes facettes des flux entre la nature et la qualité de vie, allant des connexions physiques directes à l'ancrage de composantes symboliques offrant un nouveau paradigme pour les relations de l'homme et de la nature (Diaz *et al.*, 2018) ; on les classe en trois ou quatre grands types dont les services d'approvisionnement (ou biens), les services de régulation et les services culturels (en lien étroit avec les aménités).

Services de régulation : ils découlent directement du bon fonctionnement des écosystèmes et concernent la régulation du climat, la régulation de la quantité et de la qualité de l'eau, le maintien de la qualité des sols, etc.

Disservice : service écosystémique s'avérant être un désavantage pour l'homme et faisant donc diminuer le bien-être humain (par exemple, des allergies).

Aménité : caractéristique ou service souhaitable, agrément tel que le plaisir esthétique, l'épanouissement artistique et spirituel ou le développement intellectuel.

État stationnaire ou permanent : état du peuplement qui se perpétue à l'identique dans le temps à la faveur et selon la périodicité (ou rotation) des coupes.

Externalité : effet indirect d'une activité de consommation ou de production, agissant sur d'autres agents que ceux qui l'ont initié, sans passer par un système de prix. Dans une économie de marché non régulée, l'existence d'externalités engendre des équilibres non optimaux puisqu'ils ne reflètent que les effets privés (directs) et pas tous les effets sur la société (directs et indirects) de l'activité

(Laffont, 2008). Une externalité de consommation ou de production est dite négative lorsqu'elle engendre un coût social (par exemple la pollution). Une externalité positive a pour effet de produire un bénéfice social (par exemple le paysage).

Révolution : durée du cycle de production.

Rotation des coupes : intervalle de temps séparant deux coupes d'éclaircie.

Taux d'actualisation : c'est un taux tenant compte à la fois d'une certaine préférence pour le présent et des possibilités de développement économique futur ; il permet de comparer les bénéfices nets présents et futurs intervenant à diverses échéances.

Éclaircies par le bas : récolte intermédiaire d'arbres dominés (plus petits que l'arbre moyen du peuplement).

Éclaircie par le haut : récolte intermédiaire d'arbres co-dominants (de hauteur voisine de celle des arbres dominants qu'ils concurrencent directement).

3.3.3 Matériels et méthodes, moyens mobilisés, types d'analyses pratiquées

Il s'agit ici en premier lieu de rappeler les bases de la théorie économique des ressources renouvelables forestières pour une application aux cas de la futaie régulière (éventuellement plantée), de la futaie irrégulière et de la conversion d'un système à l'autre. Les données et paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette théorie, soit globalement, soit dans l'un ou l'autre cas, font ensuite l'objet d'une discussion. Enfin, la bibliographie est mobilisée dans ses méthodes et résultats pour préparer les réponses à apporter dans le cadre de l'expertise.

3.3.3.1 Applications de la méthode générale d'estimation de la valeur d'une forêt

La théorie des ressources naturelles forestières a été formulée de manière déjà très élaborée par le forestier allemand Martin Faustmann (1849)³⁸⁹. Elle se situe à l'intersection entre deux questions distinctes mais liées ; (i) quelle est la valeur d'une forêt et (ii) comment en optimiser la gestion ? Faustmann apporte une réponse à la première question en observant que la valeur actuelle d'une forêt est donnée par l'ensemble des revenus que celle-ci est susceptible d'engendrer à l'avenir, à condition de considérer ceux-ci sous forme nette (dépenses déduites) et de les actualiser de manière à les rendre comparables entre eux (pour les additionner) lorsqu'ils sont relatifs à différentes époques. Dans la mesure où les revenus nets futurs engendrés par la gestion envisagée dépendent de celle-ci, il en va de même de la valeur actuelle de la forêt. Faustmann répond alors à la seconde question en privilégiant la gestion future qui, par les revenus nets qu'elle engendrera, confère à la forêt sa plus forte valeur actuelle. Il faut donc s'intéresser à la valeur actuelle de la forêt pour discuter de la gestion qui l'accroît le plus et s'avère susceptible, pour cela, d'être privilégiée. On voit qu'il est ainsi possible de comparer, pour une forêt donnée, le maintien ou le changement de structure d'une forêt.

En 1849, Faustmann traite essentiellement de recettes et dépenses futures attendues, sonnantes et trébuchantes, largement liées à la récolte de bois. Mais il est aujourd'hui possible d'élargir sa théorie dans deux directions. D'abord en tenant compte, à la suite de Dupuit (1844), Hartman (1976) et Strang (1983), non seulement des biens produits mais aussi de l'utilité de tous les autres avantages retirés de la forêt sous forme de services écosystémiques, dont les services socioculturels et de régulation.

³⁸⁹ Pour une description complète, se référer à Peyron et Maheut (1999).

Ensuite en intégrant les risques et incertitudes inhérents à la gestion forestière (Reed, 1984 ; Tahvonen et Kallio, 2008 ; Hanewinkel *et al.*, 2011 ; Yousefpour *et al.*, 2012).

Finalement, une expression simple et générale de la valeur actualisée nette W d'une forêt considérée d'aujourd'hui jusqu'à l'infini est la suivante : (1) $W = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{A(t)}{(1+r)^t}$

Dans cette expression, $A(t)$ désigne l'espérance des avantages nets (incluant l'ensemble des services écosystémiques) qui seront retirés de la forêt au temps t compté en années discrètes (avec la convention de fin d'année selon laquelle un avantage net en cours d'année est comptabilisé en fin d'année). Par ailleurs, r est le taux d'actualisation permettant d'évaluer l'équivalent actuel d'un montant à percevoir l'année t ; le dénominateur rend compte d'un fonctionnement à intérêts composés de l'actualisation.

Cette équation générale s'adapte à tous les cas de figure dont les suivants :

- Application au cas d'une révolution ou cycle forestier de n années commençant à $t = 0$ et se répétant indéfiniment. Ce cas est typiquement celui d'un peuplement régulier (équienne). On se place généralement d'abord au moment qui précède immédiatement la constitution du peuplement, éventuellement sous forme de plantation, c'est-à-dire lorsque la forêt est réduite à sa seule composante foncière (alors $t = 0$ correspond à un âge nul du peuplement). Le cycle prend fin juste après la récolte finale du peuplement. Appliquée dans ces conditions, l'équation (1) donne la valeur F_n du fonds (terrain) forestier ; si f_n est la somme des avantages nets espérés et actualisés sur un cycle (jusqu'après la première récolte finale du peuplement), on a $f_n = \sum_{t=0}^n \frac{A(t)}{(1+r)^t}$ et (2) $W = F_n = f_n + \frac{F_n}{(1+r)^n}$. En effet, le second terme du membre de droite englobe la contribution de tous les cycles postérieurs au premier et entérine le fait qu'on retrouve, au bout de n années, le fonds supposé identique à son état initial, dont il suffit d'actualiser la valeur au temps $t = 0$ (d'où le dénominateur) pour l'ajouter à la contribution du seul premier cycle. Cette expression s'écrit encore $W = F_n = \frac{(1+r)^n}{(1+r)^{n-1}} f_n$. Sous cette dernière forme, on voit bien comment la valeur actualisée nette d'un fonds forestier, destiné à porter un peuplement régulier, dépend de la somme des avantages nets futurs espérés et actualisés d'un cycle de croissance, dont elle diffère d'un facteur rendant compte du passage d'un seul cycle à une infinité de cycles ; grâce à ce facteur et à la répétitivité supposée du cycle de croissance, la considération théorique d'un temps infini se ramène en pratique à celle d'un seul cycle.
- Application au cas d'une futaie régulière ou irrégulière parfaitement équilibrée donnant lieu à des avantages nets périodiques A_c toutes les c années au bout desquelles la futaie retrouve son état initial ; sa valeur actuelle est alors $W = \frac{A_c}{(1+r)^c} + \frac{W}{(1+r)^c}$ soit encore $W = \frac{1}{(1+r)^{c-1}} A_c$. En faisant $c = 1$, on obtient le résultat simple et classique $W = \frac{A_1}{r}$ valable pour des avantages annuels.
- Application au cas d'un peuplement ou d'une forêt en transition vers l'un des cas précédents ; si la transition en question nécessite une durée d et si la valeur de référence de l'un des cas précédents est W_{ref} , au bout de ces d années, alors la valeur de la forêt s'écrit :
(3) $W = \sum_{t=0}^d \frac{A(t)}{(1+r)^t} + \frac{W_{ref}}{(1+r)^d}$.
- Application au cas d'un peuplement régulier d'âge a destiné à être récolté à l'âge n : il suffit de se reporter au cas précédent en prenant $d = n-a$ et $W_{ref} = F_n$.

Les éléments qui précèdent peuvent fournir une base théorique pour comparer l'économie des futaies régulière et irrégulière. On peut imaginer rechercher un optimum pour la futaie régulière et un

optimum pour la futaie irrégulière, puis comparer les deux. Cependant, une telle comparaison ne vaut que pour la recherche d'un optimum à long terme. En effet, dans la pratique, il s'agit de s'interroger sur la meilleure gestion d'une forêt donnée et donc de comparer l'évolution de cette forêt vers un système ou l'autre. Si son état est conforme à l'un des systèmes, il faudra de toute façon analyser l'option de sa conversion dans l'autre système. Or une telle conversion demande plusieurs décennies, en général de l'ordre d'un siècle, ce qui donne l'échéance à laquelle la comparaison sera vraiment opérationnelle si le système initial n'est pas celui que désigne la comparaison à long terme (Nyland, 2003).

Cette discussion met l'accent particulièrement sur trois points :

- le court terme avec le poids de la forêt considérée ; l'état initial de cette forêt influence forcément le résultat de la comparaison, suivant qu'il est proche d'un système ou de l'autre ; il influe notamment sur la durée et l'intensité de la transition vers l'un ou l'autre système à long terme, donc sur la valeur de la forêt considérée selon l'avenir (régulier ou irrégulier) qu'on lui réserve ; il s'agit alors de choisir l'option qui confère à la forêt initiale sa plus grande valeur ;
- le moyen terme avec les caractéristiques de la conversion à réaliser ; cette période est contrainte à la fois par l'état initial et l'objectif à long terme d'évolution vers un système régulier ou irrégulier ; la contrainte consistant à orienter la gestion de la forêt vers un système autre que le système initial représente forcément un coût (sacrifice d'exploitabilité), notamment par rapport à l'optimum à long terme ;
- le long terme avec le maintien d'un état stationnaire sous forme de futaie régulière ou irrégulière ; son poids est réduit par le jeu de l'actualisation (donc des préférences intertemporelles du décideur), même si le taux d'actualisation est faible ; il se trouve donc relativisé par les considérations à court et moyen terme ; on peut aussi s'interroger sur la solidité des évaluations à long terme dans un contexte futur incertain soumis aux évolutions du climat, des attentes sociales et des conditions de marché.

Finalement, la comparaison entre futaies régulière et irrégulière repose non seulement sur l'optimum de long terme mais également sur la transition à moyen terme vers cet optimum à partir d'une situation de départ donnée (voir Figure 6.3.3-1 et Encadré 6.3.3-1). Ce poids de la situation de départ explique que la question de la comparaison entre futaies régulière et irrégulière n'admet pas une solution unique, générique, ce que montrera plus loin l'analyse bibliographique.

Alternatives pour l'évolution d'un peuplement

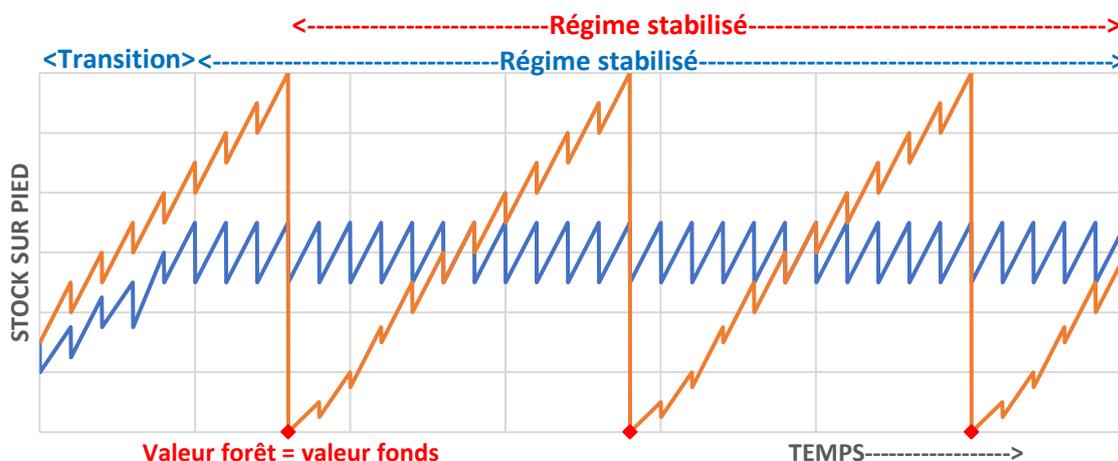


Figure 6.3.3-1 : Exemple d'évolution au cours du temps du stock sur pied d'une forêt selon deux options : transition vers une futaie régulière (en rouge) ou irrégulière (en bleu). Dans le cas de la futaie régulière, le stock repasse à zéro

au moment de la fin d'un cycle et du début d'un autre cycle. A l'échelle considérée de la parcelle, ce n'est pas le cas pour la futaie irrégulière. Dans les deux cas, on peut distinguer une transition précédant un régime stabilisé.

Encadré 6.3.3-1 : Optimum de long terme et transition forestière vers cet optimum

Soit un site forestier susceptible d'accueillir des peuplements de futaie régulière ou irrégulière. Supposons qu'une analyse ait permis de trouver un optimum de long terme pour les deux situations et que la valeur optimale trouvée soit de $W^{fr*} \equiv W^{n^*} = 4\,000 \text{ €/ha}$ pour la futaie régulière et de $W^{fi*} = 5\,000 \text{ €/ha}$ pour la futaie irrégulière. Dans l'hypothèse où la forêt initiale est déjà régulière et à l'optimum pour cette structure tandis que la conversion vers la futaie irrégulière optimale demande une centaine d'années, alors la valeur actuelle de la forêt est :

- $W^{fr*} = 4\,000 \text{ €/ha}$ dans l'option du maintien en futaie régulière ;
- $\left[\sum_{t=0}^{100} \frac{A(t)}{(1+r)^t} \right] + \left[\frac{W^{fi*}}{(1+r)^{100}} \right]$ dans l'option de la conversion en futaie irrégulière.

Supposons que le taux d'actualisation soit égal à 2,5 % et que la valeur actualisée nette à ce taux des avantages $A(t)$ dégagés pendant la centaine d'années de la conversion soit de 3 600 €/ha. Alors, dans l'option d'une conversion en futaie irrégulière, la valeur de la forêt serait $W = 3600 + \left[\frac{5000}{1,025^{100}} \right] \cong 4\,000 \text{ €/ha}$. Sous ces hypothèses, il serait donc aujourd'hui équivalent de maintenir la futaie régulière ou de la convertir en futaie irrégulière. Evidemment, si la valeur dégagée durant la période de conversion était moindre (respectivement plus élevée) que les 3 600 €/ha pris en exemple, alors la futaie régulière (respectivement irrégulière) l'emporterait.

3.3.3.2 Difficultés méthodologiques relevées dans la bibliographie

La comparaison économique précise entre structures régulières et irrégulières se heurte à plusieurs aspects méthodologiques qu'il faut avoir en mémoire avant d'en interpréter les résultats pratiques. Les principales d'entre elles sont esquissées ci-après.

Tout d'abord, la méthode générale d'estimation et d'optimisation de la valeur des futaies régulières, *a priori* la plus simple, déjà bien formulée par Faustmann (1849) et présentée dans la section précédente, a beaucoup été discutée au cours de ses presque deux siècles d'existence (Peyron et Maheut, 1999). Il a fallu la caution de deux lauréats du prix Nobel d'économie pour arbitrer en faveur de Faustmann (Ohlin, 1921 ; Samuelson, 1976). Parmi ses nombreuses applications, cette théorie permet d'optimiser la sylviculture de peuplements réguliers en déterminant non seulement l'âge de récolte optimal de ces peuplements mais encore diverses autres variables dendrométriques comme l'intensité des éclaircies (Guo, 1994). Elle constitue une référence pour tous les problèmes d'optimisation de la gestion forestière. Elle est également généralisable au cas où les conditions de la gestion forestière changent au cours du temps (Chang, 2011, 2014), ce qui s'avère particulièrement important sous changement climatique et, de manière générale, dans le contexte écologique, économique et social actuel et futur.

L'économie d'une futaie régulière constituée de multiples peuplements réguliers (équiennes) et donc globalement inéquienne est intéressante pour aborder ensuite le cas d'une futaie irrégulière. Faustmann (1849) l'a aussi analysé de façon relativement complète et détaillée pour rectifier les préjugés de son époque (Viitala, 2006). Il a notamment insisté sur le fait que « le tout est la somme de ses parties » et que sa gestion optimale en découle. Cette question a cependant fait l'objet de controverses (Terreaux, 1996 ; Peyron *et al.*, 1998 ; Rollin, 2003), notamment lorsqu'on souhaite identifier l'équilibre à long terme vers lequel on voudrait faire tendre la forêt. Certains auteurs ont en effet affirmé que l'optimum à long terme de l'ensemble de la forêt n'était pas forcément le même que celui de chacune de ses parties en raison de l'interaction entre les différents peuplements (Duerr,

1960 ; Oderwald *et* Duerr, 1990) et du fait que la surface occupée par chaque classe d'âge est une fraction de l'âge d'exploitation et varie donc avec celui-ci. Par ailleurs, si on compare deux forêts équilibrées pour des volumes sur pied différents mais procurant les mêmes avantages annuels pour des gestions effectuées avec le même âge d'exploitation, alors on imagine qu'il sera avantageux de convertir la forêt présentant le stock le plus élevé vers celle qui, malgré un stock moindre, produit les mêmes avantages annuels. En effet, si elle pouvait être immédiate, cette conversion procurerait les avantages liés à la vente des bois excédentaires en plus du maintien des avantages annuels ultérieurs. Suivant ce raisonnement, Duerr (1960) et Oderwald *et* Duerr (1990) concluent que, dans ce cas, le critère à maximiser s'exprime comme la différence entre la valeur de la forêt et celle du stock sur pied valorisé à sa valeur sur le marché des bois. Le rappel en 1990 de ce critère trente ans après son énoncé de 1960 amène cependant des réactions de la part de Howard (1990), Chang (1990), O'Laughlin (1990), et Hultkrantz (1991), entre autres. Chang (1990), notamment, objecte que le critère à optimiser pour une telle forêt considérée en bloc est bien la différence entre la somme des avantages futurs espérés et actualisés (c'est-à-dire la valeur de la forêt) et la valeur du peuplement. Il y a cependant lieu de considérer la valeur actuelle nette du peuplement et non sa valeur marchande au prix de marché du bois. En soustrayant ainsi la valeur du peuplement à celle de la forêt, on retrouve tout simplement celle du fonds, c'est-à-dire le critère énoncé par Faustmann (1849). Si Duerr et Oderwald (1990) ont l'impression que c'est la valeur marchande du peuplement sur pied qui importe, c'est tout simplement parce qu'ils font l'hypothèse qu'il est possible de convertir immédiatement le peuplement dans lequel le stock serait trop important. Or, souvent, une telle conversion demande un certain temps qu'il est irréaliste de considérer comme étant nul (Rollin, 2003). La controverse se trouve donc close dans le cas de la futaie régulière pour laquelle il est aisé de revenir à l'optimum du peuplement pour déterminer celui de la forêt. Il faut cependant le rediscuter dans le cas de la futaie irrégulière pour laquelle il n'est pas aisé de calculer, donc de maximiser, la valeur du fonds.

Ces considérations sur la futaie régulière constituent un bon intermédiaire entre la structure régulière et la structure irrégulière à laquelle elle s'apparente lorsqu'elle est prise dans son ensemble. L'application des méthodes économiques à la futaie irrégulière commence dans les années 1950. On s'intéresse au niveau optimal du volume sur pied de peuplements inéquiennes sujets à des interventions supposées de fréquence d'abord annuelle (Duerr *et* Bond, 1952), ensuite quinquennale (Adams *et* Ek, 1974), puis elle-même optimisée (Buongiorno *et* Michie, 1980 ; Chang, 1981). Dans son analyse, Chang (1981) s'applique en particulier à montrer la similitude de formalisme qui existe entre les structures équiennes et inéquiennes et conduit dans les deux cas à maximiser la valeur du fonds. Pour y parvenir, il fait l'hypothèse (souvent irréaliste) que le peuplement inéquien que l'on considère peut être ramené en une seule intervention dans l'état optimal à long terme après intervention. Quant à Buongiorno & Michie (1980), ils cherchent à identifier la récolte optimale, le stock résiduel après coupe, la distribution en diamètres et la rotation des coupes.

À la suite de ces premières analyses, trois problèmes différents à résoudre se dégagent selon qu'ils recherchent (i) l'optimum à long terme répétable à l'identique dans le temps, (ii) pour un peuplement donné quelconque, la meilleure transition vers cet optimum à long terme dans un temps donné, ou (iii) la meilleure gestion à long terme pour un peuplement donné soumis ou non à des contraintes. Ces différents problèmes sont bien formalisés par Haight (1987) qui aboutit à la conclusion que le problème le plus général est le dernier, que l'état stationnaire auquel conduit ce problème dépend de l'état initial du peuplement (Michie, 1985) et que toute contrainte imposée à la résolution de ce problème (par exemple celle d'atteindre un état stationnaire dans un délai donné) est susceptible de représenter un coût et de réduire la valeur du peuplement ; en outre, ces conclusions s'appliquent à tout type de peuplement quels que soient ses états actuel et objectif.

Cependant, le problème général mis en évidence par Haight (1987) est souvent difficile à résoudre. Bon nombre des publications tendent ainsi à déterminer d'abord l'optimum à long terme, puis la meilleure transition entre l'état initial du peuplement et cet état objectif. Cependant, la détermination de l'optimum à long terme n'est pas aisée dans la mesure où, contrairement au cas d'une futaie régulière, il n'est pas facile d'isoler la valeur du fonds et de l'optimiser comme l'indique la théorie. En effet, par définition, une futaie irrégulière ne passe jamais par une phase de sol nu à partir de laquelle on pourrait évaluer la valeur du fonds par la somme des avantages nets futurs espérés et actualisés. Une méthode simple d'utilisation est alors celle préconisée par Duerr (1960), bien qu'elle ne soit pas strictement conforme, dans le cas général, à la théorie économique (voir la discussion faite plus haut dans le cas d'une futaie régulière considérée globalement). Elle consiste à maximiser la valeur de la forêt diminuée de la valeur marchande du peuplement sur pied. C'est ainsi que Buongiorno *et al.* (1995, 1996) déterminent un optimum à long terme pour une situation représentative de la futaie jardinée du second plateau du Jura.

Une autre méthode pourrait consister à ramener le cas irrégulier à un cas de futaie régulière en réagençant virtuellement les arbres dans l'espace pour les regrouper par classes d'âge après avoir estimé leur âge en fonction de leur diamètre (Peyron, 1998 ; Rollin, 2003) ; elle présente l'avantage de se ramener à des situations parfaitement connues mais repose sur des hypothèses fortes et peut s'avérer complexe à mettre en œuvre, voire à justifier ; elle est commode pour calculer la valeur d'une forêt mais plus difficile d'utilisation pour en rechercher l'optimum à long terme.

Il faut évidemment tenir compte de ces difficultés de traitement de la structure irrégulière pour comparer les résultats des conversions de futaie régulière vers la futaie irrégulière.

Les méthodes de comparaison doivent ainsi être considérées en l'état comme étant approximatives pour les différentes raisons suivantes :

- il est tentant de décomposer la question de l'évolution de la forêt vers la meilleure structure, régulière ou irrégulière, en deux problèmes distincts concernant la recherche du meilleur régime stabilisé à long terme, soit régulier, soit irrégulier, puis la meilleure transition vers chacun de ces régimes ; or, ces deux problèmes ne sont pas indépendants et, non seulement le régime stabilisé à long terme détermine évidemment la transition vers lui, mais encore l'état initial et la période transitoire influencent le régime à long terme (Haight, 1987 ; Haight *et Monserud*, 1990a, 1990b) ;
- cependant, l'identification générale du meilleur régime stabilisé à long terme est souvent réalisée de manière indépendante ; or, nous avons vu qu'il n'existe pas de critère opérationnel et indiscutable pour optimiser un régime stabilisé irrégulier (Rollin, 2003) ; dans la pratique, on se rabat donc vers un régime « acceptable » qui est soit défini de manière empirique (Tarp *et al.*, 2000 ; Knoke *et Plusczyk*, 2001 ; Hanewinkel, 2002), soit identifié par analogie avec la futaie régulière (Peyron, 1998 ; Rollin, 2003), soit fondé sur la valeur marchande des arbres plutôt que sur leur valeur d'avenir (Chang, 1990 ; Buongiorno *et al.*, 1995, 1996 ; Buongiorno, 2001) ;
- la préférence est souvent accordée au régime stabilisé à long terme, si bien que beaucoup d'analyses ne s'intéressent pas à la période transitoire, ce qui ne permet pas de comparer l'effet de deux régimes régulier et irrégulier pour une forêt donnée ; cependant, le poids économique actuel de la période transitoire entre l'état initial et l'état objectif est souvent prépondérant par rapport à celui de ce dernier (Rämö, 2017) ;
- lorsque la transition entre l'état initial et le régime stabilisé est prise en compte, elle est parfois considérée comme étant immédiate (Chang, 1981), parfois appliquée de manière

heuristique, empirique (Buongiorno, 2001), parfois optimisée jusqu'à un régime stabilisé lui-même identifié séparément (Knoke & Pluczyk, 2001).

Au-delà de ces aspects méthodologiques, il faut noter la sensibilité des résultats aux paramètres pris en compte. La bibliographie économique relative à la question de la conversion est tout d'abord largement nord-américaine, scandinave ou germanique, avec des conditions souvent différentes de celles rencontrées en France, particulièrement pour les deux premières zones mentionnées. Par ailleurs, les risques et services écosystémiques, dont on connaît l'importance pour déterminer la gestion forestière, sont rarement pris en compte et, lorsqu'ils le sont, c'est sous des aspects restreints à quelques aspects faciles à modéliser.

Au final, il est important d'avoir en tête ces limitations liées aux méthodes et paramètres utilisés avant d'analyser les résultats issus de la bibliographie.

3.3.3.3 Détermination et actualisation des avantages nets futurs espérés

Les avantages nets retirés d'une forêt dépendent de nombreux paramètres et reposent notamment sur des données relatives aux divers services écosystémiques que le propriétaire et la société retirent de la forêt : valeur des bois, régulation du climat local ou global, protection des eaux et des sols, récréation, etc. À l'inverse, les forêts peuvent être sources de contraintes (disservices ou externalités négatives) en termes de sécurité des personnes et des biens (incendies, chutes d'arbres et de branches, etc.), de santé (allergies, urtications, zoonoses, substances toxiques, etc.), de dégâts aux cultures (grands ongulés), mais aussi de concurrence entre les services (par exemple, protection de la biodiversité et accueil du public).

Pour leur gestion et leur entretien, les forêts engendrent aussi des coûts (renouvellement, opérations d'amélioration, etc.) qui peuvent être très variables selon les conditions d'exploitation de la forêt (topographiques, pédologiques, climatiques, etc.) mais aussi des frais d'administration et de la fiscalité. Déjà inclus dans notre analyse basée sur les avantages nets, il convient de ne pas oublier que ces coûts sont modulés par un taux d'actualisation rendant compte des arbitrages dans le temps de réalisation de certains travaux.

3.3.3.3.1 Le besoin d'un modèle de croissance

De nombreuses données de croissance forestière existent pour la France métropolitaine, au départ sous forme de tables de production construites exclusivement pour la futaie régulière (Vannière, 1984), ensuite sous forme de modèles plus ou moins sophistiqués qui sont aujourd'hui presque tous rassemblés sur la plateforme Capsis³⁹⁰ leur offrant un environnement unique et modulaire de simulation. Au niveau peuplement, toutes les essences ne sont cependant pas couvertes, d'une part. D'autre part, les modèles relatifs à la futaie irrégulière sont rares (Courbaud *et al.*, 2016) et ne sont pas toujours présents sur la plateforme (Buongiorno *et al.*, 1995 ; Heshmatol Vaezin, 2006) et relatifs à des situations particulières ; forêts de montagne (Alpes), futaie jardinée du Jura, hêtre. Ils n'ont pas été utilisés de façon pratique jusque-là dans le cadre d'une conversion. Il faut ajouter à ces modèles le modèle MARGOT utilisable à l'échelle de la France métropolitaine décomposée en un millier de strates portant des peuplements de toutes structures (Audinot, 2021).

3.3.3.3.2 Les revenus marchands

Les revenus issus de la vente des bois (considérés en général sur pied) proviennent des volumes récoltés (selon la sylviculture intégrée au modèle de croissance) et des prix du bois selon la qualité. Les

³⁹⁰ Consultable ici : <https://capsis.cirad.fr/capsis/home>

prix des bois sont suivis en forêts publiques (ONF, 2020) et privées (SFDCDC *et al.*, 2022). Ils sont détaillés pour les grandes essences françaises (six en forêts publiques, 10 en forêts privées) et selon la grosseur des tiges (deux à trois classes de diamètre par essence en forêts publiques, courbes prix/volume unitaire par essence en forêts privées). Aucune distinction n'est faite selon le système de gestion (régulier ou irrégulier), ce qui est une lacune dans la mesure où l'on s'attend à des différences. Les revenus marchands autres que le bois sont généralement surtout issus de la chasse. Ils peuvent être très variables selon les massifs forestiers et, à notre connaissance, aucune distinction n'est faite selon le système de gestion.

3.3.3.3 Les dépenses d'exploitation et frais de gestion

Les gestionnaires disposent de données précises sur les dépenses d'exploitation et frais de gestion, qui ne sont cependant que peu rassemblées en synthèses et encore moins sous forme de bases de données à des buts d'analyse statistique, tel que le réseau d'information comptable agricole (RICA)³⁹¹. Cet effort est en revanche fait par l'Association futaie irrégulière (AFI, 2020) mais il n'existe pas de synthèse comparable pour la futaie régulière ni, *a fortiori*, pour le passage d'un système à l'autre.

3.3.3.4 Les données relatives aux services écosystémiques non marchands

Les services écosystémiques ont fait l'objet de nombreuses analyses économiques au cours des dernières décennies, dont les plus récentes dans le cadre de l'évaluation française des écosystèmes et services écosystémiques (EFESE). Cette dernière a été déclinée dans le cas d'une partition de la France en six grands types d'écosystèmes dont les écosystèmes forestiers (Dorioz *et al.*, 2018). Les services écosystémiques décrits sont au nombre d'une dizaine : au titre de la fourniture de biens, le bois et la venaison qui sont pour partie marchands, mais aussi les biens de cueillette ; au titre de la régulation, celle du climat global, du climat local, de la qualité de l'eau, des crues, de l'érosion et la protection contre les aléas naturels en montagne ; au titre des aspects culturels, les activités récréatives qui ont fait l'objet d'une analyse particulière (Abildtrup *et al.*, 2021) ; enfin le patrimoine naturel, considéré comme non quantifiable. Les analyses faites ne distinguent pas futaie régulière et futaie irrégulière. Cependant, une analyse qualitative est y faite pour donner les grandes lignes des différences entre grands types de peuplement dont les plantations et les futaies subnaturelles.

3.3.3.5 La prise en compte des aléas

L'intégration des aléas, notamment catastrophiques, dans les calculs économiques forestiers fait face à plusieurs écueils. Les données sur les événements passés sont largement incomplètes, d'autant plus qu'on s'éloigne de la période actuelle ; elles sont quasiment absentes au-delà de quelques décennies, ce qui constitue une courte période au regard de la longueur des cycles forestiers. C'est dans le cas des tempêtes que des séries statistiques chronologiques ont été constituées (Gardiner *et al.*, 2010, 2013). Les aléas en cause sont par nature peu probabilisables et leur connaissance est donc grevée d'une forte incertitude. En outre, les risques ne sont pas indépendants, ce qui complique leur prise en compte statistique, lorsqu'elle serait possible (Bastit *et Brunette*, 2021). Mais la prise de décision est tournée vers l'avenir et on se trouve alors confronté au fait que les aléas seront sans doute très différents, dans leur fréquence, leur intensité et leur extension, à ce qu'ils ont été : à une connaissance passée très imparfaite s'ajoute donc le fait qu'elle ne peut être simplement projetée pour l'avenir et qu'elle doit donc faire appel à des dires d'experts. La plus ou moins grande aversion au risque du décideur entre également en ligne de compte parce qu'elle le conduit à voir les aléas d'une façon subjective éventuellement réduite par une assurance ou autre gestion particulière du risque.

³⁹¹ Plus d'informations ici : <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/methodon/S-RICA/methodon/>

Finalement, hormis les cas où il s’agit explicitement d’analyser les conséquences des aléas sur la décision, les risques, notamment catastrophiques, sont rarement pris en compte de manière raisonnée dans les calculs économiques courants. Malgré une prise de conscience de plus en plus grande, il y a encore besoin de développer les recherches en économie forestière pour la prise en compte des différents aléas et de l’incertitude, voir par exemple la thèse en cours de Félix Bastit au BETA sur « une approche économique de la gestion des risques multiples en forêt française ».

Par ailleurs, la différenciation des impacts sur les futaies régulières et irrégulières est rarement faite. La question a cependant été traitée vis-à-vis des tempêtes. Quelques études montrent le rôle de la structuration verticale du couvert forestier, donc de la structure irrégulière, dans l’atténuation de leurs impacts (Hanewinkel *et al.*, 2014). D’autres études montrent des résultats plus ambigus : les tempêtes qu’a connues la France en 1999 constituent une expérimentation à très grande échelle qui n’a pu conclure sur un risque plus élevé dans l’un ou l’autre système (Biro *et al.*, 2009).

3.3.3.6 Les choix des propriétaires forestiers privés³⁹²

Un propriétaire forestier privé peut faire différents choix de gestion de sa forêt (dont la futaie régulière ou irrégulière) et de niveau de récolte du bois (dont la coupe rase) en fonction de ses préférences³⁹³. En l’absence de prix de marché, le propriétaire forestier privé ne considère pas les services écosystémiques forestiers non marchands de la même manière que le bois dont il peut tirer un revenu (Garcia *et al.*, 2017). Le comportement d’offre de bois des propriétaires forestiers industriels en maximisant leur profit de long terme n’est pas le même que celui des propriétaires forestiers non industriels qui accordent une plus grande valeur au bois sur pied et à la terre forestière en raison des aménités qu’ils fournissent (Newman *et al.*, 1993). En effet, le propriétaire de la forêt peut bénéficier directement des autres services que le bois (pour les activités récréatives, par exemple) et en tenir compte dans la gestion de sa forêt. En revanche, il ne tient pas forcément compte des bénéfices que peuvent en retirer d’autres personnes, à moins qu’il n’adopte un comportement prosocial ou bien qu’il y soit incité financièrement. Les caractéristiques de bien public d’un certain nombre de services écosystémiques impliquent que les intérêts du gestionnaire privé ne concordent pas nécessairement avec ceux de la société ; et l’autorité publique peut vouloir mettre en place des outils incitatifs lorsque l’objectif privé ne coïncide pas avec le sien (Garcia *et al.*, 2017). Dans ce sens, cela peut contraindre les gestionnaires et propriétaires forestiers à privilégier un mode de gestion par rapport à un autre.

3.3.3.7 La fixation d’un taux d’actualisation

Les méthodes d’estimation de la valeur des forêts ont souvent privilégié le cas de la futaie régulière pour la commodité d’application de l’équation (2) à la valeur actualisée nette d’un peuplement dont le cycle se répète. Un intérêt primordial de ce cas est également de fournir une méthode permettant de révéler le taux d’actualisation à utiliser. En effet, ce taux d’actualisation caractérise normalement les préférences intertemporelles du propriétaire de la forêt et fournit l’équivalent actuel d’un montant relatif à une année future. Mais peu d’acteurs sont capables d’exprimer leur propre taux d’actualisation. Or, l’application au cas de la futaie régulière fournit l’occasion de révéler le taux d’actualisation de la manière suivante :

³⁹² Les forêts publiques, en particulier les forêts domaniales propriétés de l’État, sont gérées par l’ONF et font l’objet d’un contrat quinquennal. Le nouveau contrat État-ONF 2021-2025 est fondé sur quatre orientations stratégiques : (1) gestion durable, multifonctionnelle et renouvellement des forêts, (2) performance et excellence de la filière, (3) objectifs sociétaux, environnementaux et territoriaux, (4) un établissement public performant.

³⁹³ Toutefois, les forêts privées de plus de 25 ha doivent disposer d’un plan simple de gestion qui est un outil de développement et d’encadrement des récoltes de bois et des travaux forestiers visant à prendre en compte leurs fonctions économique, écologique et sociale, ce qui contraint un peu leur mode d’exploitation forestière.

- on applique d’abord la formule de l’équation (2) à un moment $t = 0$ se situant juste avant la constitution du peuplement ; on obtient ainsi la valeur du fonds ; on fixe alors le taux d’actualisation de telle façon que la valeur calculée du fonds soit égale au prix sur le marché des fonds forestiers à boiser ; la valeur effective du fonds peut être estimée ainsi parce qu’elle est beaucoup moins variable que la valeur totale de la forêt et que des terrains à boiser peuvent exister sur le marché ; cette méthode suppose surtout que la sylviculture en cause soit représentative des fonds dont on est capable d’estimer la valeur ;
- on utilise ensuite l’équation (2) pour calculer la valeur de la forêt à un moment t quelconque.

Dans le cas de la futaie irrégulière, on ne peut qu’évaluer directement la valeur en bloc de la forêt, fonds et peuplement compris : on est donc contraint de se fixer un taux d’actualisation par d’autres méthodes, y compris en se référant à la gestion de futaies régulières.

3.3.4 Quelles réponses à l’opportunité d’une conversion ?

Globalement, l’analyse bibliographique révèle que les résultats ne plaident ni en faveur de la futaie régulière (Haight, 1987 ; Hanewinkel, 2002), ni en faveur de la futaie irrégulière (Kant, 1999 ; Hyytiäinen *et* Haight, 2011). Ils tendent cependant à montrer que, du point de vue économique, les deux systèmes s’avèrent aussi performants l’un que l’autre. Ce sont finalement bien plus les paramètres pris en compte et les hypothèses faites qui jouent sur les résultats.

Les principaux paramètres concernant notamment la productivité, la mortalité, le prix des bois, les coûts d’exploitation, les essences, la densité de plantation ou l’abondance de la régénération naturelle, la nature des éclaircies et le différentiel supposé pour l’analyse entre les deux systèmes régulier et irrégulier.

Quelques tendances dans les résultats apparaissent cependant clairement :

- l’état initial importe beaucoup : les peuplements jeunes avec un faible stock et les peuplements vieillissants ne sont pas adaptés à une conversion (Haight *et* Monserud, 1990a ; Tarp *et al.*, 2000 ; Knoke *et* Plusczyk, 2001 ; Andreassen, 2002) ;
- les contraintes imposées à la gestion ont un coût et peuvent changer les résultats, par exemple la fait d’obtenir un état stable dans un temps plus ou moins long (Calvet, 1998) ;
- un taux d’actualisation élevé favorise la conversion en futaie irrégulière (Chang, 1981 ; Hyytiäinen *et* Haight, 2011) ;
- la façon dont les risques sont pris en compte joue plus que la différence entre les deux systèmes régulier et irrégulier (Hyytiäinen *et* Haight, 2011) ;
- les services non marchands sont réputés favorables au régime inéquienne, mais les travaux de recherche les testent en général de manière expéditive (Buongiorno *et al.*, 1995 ; Hyytiäinen *et* Haight, 2011).

3.3.5 Perspectives

3.3.5.1 Des méthodes existent, il faut les appliquer

Le modèle de Faustmann puis le modèle de Hartman-Strang prolongeant l’analyse de la valeur actualisée nette en intégrant les services écosystémiques autres que l’approvisionnement en bois, sont des outils puissants, efficaces et finalement faciles à utiliser, y compris par les forestiers, en particulier pour mesurer les gains économiques comparés de différents modes de gestion forestière.

Les méthodes d'évaluation des services écosystémiques forestiers non marchands (récréation, qualité de l'eau, biodiversité, etc.) sont nombreuses et les outils bien diffusés³⁹⁴. Elles peuvent être adaptées à différents modes de gestion forestière. Sur la question des coupes rases, les attentes sociales sont identifiables par le biais des préférences des usagers en termes d'activités récréatives en forêt, incluant les attributs paysage et biodiversité (forêts équiennes vs inéquiennes, forêts monospécifiques vs mixtes). Outre les méthodes d'évaluation fondées sur les préférences révélées (méthodes des coûts de déplacement, méthodes des prix hédoniques) ou les préférences déclarées (évaluation contingente, expérimentation par les choix) qui nécessitent l'acquisition de données par enquêtes et de certaines compétences en économie, les approches reposant sur le transfert (de valeurs ou de fonctions) peuvent être très utiles et très rapides lorsqu'on manque de ressources, de temps et de données.

3.3.5.2 Un besoin de données criant

En France, il n'existe pas de bases de données individuelles (à l'échelle du propriétaire) sur les informations économiques de l'exploitation forestière, à l'exception de (trop) rares expériences comme celle du réseau AFI. Un projet issu de l'appel à proposition du programme de recherche TETRAE 2022 initié par INRAE en collaboration avec la région Grand-Est portant sur les perceptions et la valorisation des services écosystémiques en forêt devrait commencer en 2023 et, parmi ses multiples innovations, aboutir à la création d'une base de données comptables (du type RICA) et relevant un ensemble d'informations sur la production de bois, la fourniture de services écosystémiques et la caractérisation des modes de gestion forestière, avec la contribution du CNPF-IDF. Ces données permettraient de construire des fonctions de coût, d'estimer les coûts marginaux et moyens de production, d'évaluer les coûts d'opportunité de contraintes sur les coupes ou plus généralement sur le mode gestion forestière.

3.3.5.3 Développer de nouveaux modèles

Le développement de modèles de croissance pour la futaie irrégulière et la conversion entre futaies régulière et irrégulière semble impératif avant d'initier des opérations de conversion in situ, ou même d'inciter des propriétaires ou gestionnaires forestiers à entreprendre de telles démarches. En l'absence de modèles adaptés, le risque est en effet grand de découvrir tardivement que la gestion a induit un appauvrissement ou, au contraire, une capitalisation excessive de la ressource en bois, deux situations qui renvoient finalement à la régularisation des peuplements (voir en 3.3.4 Quelles réponses à l'opportunité d'une conversion ?).

3.3.5.4 Besoin de nouvelles recherches sur les gestions multifonctionnelles des forêts à différentes échelles spatiales et temporelles

Une augmentation de la production et de la mobilisation du bois semble nécessaire pour satisfaire la demande croissante de matière première pour les produits traditionnels (par exemple, pour la construction et la rénovation) et de nouveaux produits (par exemple, les produits chimiques verts ou les fibres textiles) et pour la bioénergie. Comment l'intensification potentielle des pratiques d'exploitation, dont la mise en œuvre de coupes rases, affecterait la biodiversité des forêts et la fourniture de autres services écosystémiques forestiers, et comment une utilisation et une gestion

³⁹⁴ Le projet InVEST (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*,) est construit sur une série de modèles utilisés pour cartographier et évaluer les biens et services. Il n'est pas spécifique à l'écosystème forestier, mais permet d'étudier comment les changements dans les écosystèmes peuvent entraîner des changements dans les flux de nombreux avantages dont on a parlé dans notre présentation. Voir la page internet : <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

durables et multifonctionnelles des forêts peuvent se décliner, restent des questions ouvertes. Une fois les informations rassemblées sur les données individuelles économiques, de comportements et de préférences des gestionnaires forestiers, l'étude des relations entre la production de bois et les autres services est importante pour trouver quelle forme de gestion forestière rapproche la gamme de services écosystémiques forestiers des attentes de la société, dans le cadre d'une économie biosourcée.

3.3.6 Références bibliographiques

- Abildtrup, J., Garcia, S., Kervinio, Y., Sullice, E., Tardieu, L., Montagné-Huck, C., 2021. Les usages récréatifs des forêts métropolitaines Un état des lieux des pratiques et des enjeux. Post-Print, Post-Print.
- Adams, D.M., Ek, A.R., 1974. Optimizing the Management of Uneven-aged Forest Stands. *Canadian Journal of Forest Research* 4, 274–287. <https://doi.org/10.1139/x74-041>
- AFI, 2020. Valorisation de la base AFI. Améliorer le capital producteur en mobilisant mieux tout en préservant plus. Association Futaie Irrégulière.
- Andreassen, K., 2002. Economic consequences of three silvicultural methods in uneven-aged mature coastal spruce forests of central Norway. *Forestry* 75, 483–488. <https://doi.org/10.1093/forestry/75.4.483>
- Audinot, T., 2021. Développement d'un modèle de dynamique forestière à grande échelle pour simuler les forêts françaises dans un contexte non-stationnaire (Theses). Université de Lorraine.
- Bastit, F., Brunette, M., 2021. Sécheresses, incendies et maladies : les risques en cascade qui menacent les forêts françaises. *The Conversation*.
- Birot, Y., Landmann, G., Bonhême, I., 2009. *La Forêt Face Aux Tempêtes*. Editions Quae.
- Buongiorno, J., 2001. Quantifying the implications of transformation from even to uneven-aged forest stands. *Forest Ecology and Management* 151, 121–132. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00702-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00702-7)
- Buongiorno, J., Michie, B.R., 1980. A matrix model of uneven-aged forest management. *Forest science* 26, 609–625.
- Buongiorno, J., Peyron, J.-L., Houllier, F., Bruciamacchie, M., 1995. Growth and Management of Mixed-Species, Uneven-Aged Forests in the French Jura: Implications for Economic Returns and Tree Diversity. *Forest Science* 41, 397–429.
- Buongiorno, J., Peyron, J.-L., Valdenaire, J.-M., Bruciamacchie, M., 1996. Croissance et aménagement de la futaie jardinée du Jura : stratégies de gestion et structure des peuplements. *Revue Forestière Française* [ISSN 0035-2829], 1996, Vol. 48, N° 1; p. 49-61 48, 49–61. <https://doi.org/10.4267/2042/26727>
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* 21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- Calvet, P., 1998. Analyse quantitative en vue de l'aménagement des futaies de pin maritime dans les landes de Gascogne (PhD Thesis).
- Chang, S., 2011. A generalized Faustmann model for the determination of optimal harvest age. *Canadian Journal of Forest Research* 28, 652–659. <https://doi.org/10.1139/x98-017>
- Chang, S.J., 2014. The Generalized Faustmann Formula, in: *Handbook of Forest Resource Economics*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203105290.ch3>

- Chang, S.J., 1990. An economic comparison between even-aged and uneven-aged management of Southern pines in the Mid-South. Presented at the SOFEW 1990 Spring Workshop, Monroe, Louisiana, March 28-30, 1990, pp. 45–52.
- Chang, S.J., 1981. Determination of the optimal growing stock and cutting cycle for an uneven-aged stand [Forest, model]. *Forest Science* 27, 739–744.
- Courbaud, B., Sardin, T., de Coligny, F., Cordonnier, T., Deleuze, C., François, D., Riond, C., Lafond, V., Lagarrigues, G., 2016. Utilisation du modèle individu centré Samsara2 pour analyser les sylvicultures en peuplement irrégulier. *Rendez-Vous Techniques de l'Office National des Forêts* 11–23.
- Diaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K., Baste, I., Brauman, K., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P., van Oudenhoven, A., Plaat, F., Schröter, M., Lavorel, S., Shirayama, Y., 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science* 359, 270–272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Dorioz, J., Nivet, C., Peyron, J.-L., 2018. Évaluation Française des Écosystèmes et Services Écosystémiques: Ecosystèmes Forestiers. Rapport Final, Rapport EFESE. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Paris.
- Duerr, W.A., 1960. *Fundamentals of Forestry Economics*. McGraw-Hill, New-York, Toronto, London.
- Duerr, W.A., Bond, W.E., 1952. Optimum Stocking of a Selection Forest. *Journal of Forestry* 50, 12–16. <https://doi.org/10.1093/jof/50.1.12>
- Dupuit, J., 1995. De la mesure de l'utilité des travaux publics (1844). *Revue française d'économie* 10, 55–94. <https://doi.org/10.3406/rfec.1995.978>
- Faustmann, M., 1849. Berechnung des Werthes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen [Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry]. *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung* 25, 441–455.
- Garcia, S., Abildtrup, J., Delacote, P., 2017. Des incitations publiques à la gestion forestière multifonctionnelle sont-elles nécessaires ?, in: *La forêt et le bois en 100 questions*. p. 4.
- Gardiner, B., Blennow, K., Carnus, J.M., Fleischer, P., Ingemarson, F., Landmann, G., Lindner, M., Marzano, M., Nicoll, B., Orazio, C., Peyron, J.-L., REVIRON, SCHELHAAS, Schuck, A., SPIELMANN, Usbeck, T., 2010. Destructive storms in European forests: past and forthcoming impacts. EFIATLANTIC report to the EC. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1420.4006>
- Gardiner, B., Schuck, A., Schelhaas, M.J., Orazio, C., Blennow, K., Nicoll, B., 2013. Living with storm damage to forests. *What Science Can Tell Us* 3. European Forest Institute.
- Guo, B., 1994. Recherche d'une sylviculture optimale à long terme pour les peuplements forestiers équiennes : formulation, résolution, applications (Mémoire de thèse de doctorat). ENGREF, Nancy.
- Haight, R., 1987. Evaluating the Efficiency of Even-Aged and Uneven-Aged Stand Management. *Forest Science* 33, 116–134.
- Haight, R.G., Monserud, R.A., 1990a. Optimizing any-aged management of mixed-species stands. I. Performance of a coordinate-search process. *Canadian Journal of Forest Research* 20, 15–25. <https://doi.org/10.1139/x90-003>
- Haight, R.G., Monserud, R.A., 1990b. Optimizing any-aged management of mixed-species stands: II. effects of decision criteria. *Forest Science* 36, 125–144.
- Hanewinkel, M., 2002. Comparative economic investigations of even-aged and uneven-aged silvicultural systems: A critical analysis of different methods. *Forestry* 75, 473–481. <https://doi.org/10.1093/forestry/75.4.473>

- Hanewinkel, M., Hummel, S., Albrecht, A., 2011. Assessing natural hazards in forestry for risk management: A review. *European Journal of Forest Research* 130, 329–351. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0392-1>
- Hanewinkel, M., Kuhn, T., Bugmann, H., Lanz, A., Brang, P., 2014. Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage. *Forestry* 87, 525–534. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu008>
- Hartman, R., 1976. The Harvesting Decision When a Standing Forest Has Value. *Economic Inquiry* 14, 52–58. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1976.tb00377.x>
- Hassan, R., Scholes, R., Ash, N., Condition, M., Group, T., 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group (Millennium Ecosystem Assessment Series)*.
- Heshmatol Vaezin, S.M., 2006. *Modèles économiques de gestion des peuplements réguliers, irréguliers ou en transition; illustrations dans le cas du hêtre dans le nord-est de la France. (Thèse de Doctorat). Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts.*
- Howard, T.E., 1990. Comment I on Oderwald & Duerr (1990). *Forest Science* 36, 175–176.
- Hultkrantz, L., 1991. A Note on the Optimal Rotation Period in a Synchronized Normal Forest. *Forest Science* 37, 1201–1206. <https://doi.org/10.1093/forestscience/37.4.1201>
- Hyytiäinen, K., Haight, R., 2011. Optimizing Continuous Cover Forest Management. pp. 195–227. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2202-6_6
- Kant, S., 1999. Sustainable management of uneven-aged private forests: a case study from Ontario, Canada. *Ecological Economics* 30, 131–146. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00106-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00106-2)
- Knoke, T., Plusczyk, N., 2001. On economic consequences of transformation of a spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) dominated stand from regular into irregular age structure. *Forest Ecology and Management* 151, 163–179. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00706-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00706-4)
- Laffont, J.-J., 2008. Externalities, in: *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Lawrence E. Blume, and Steven N. Durlauf (Eds.). Palgrave Macmillan.
- Michie, B.R., 1985. Uneven-Aged Stand Management and the Value of Forest Land. *Forest Science* 31, 116–121. <https://doi.org/10.1093/forestscience/31.1.116>
- Newman, D.H., Wear, D.N., 1993. Production Economics of Private Forestry: A Comparison of Industrial and Nonindustrial Forest Owners. *American Journal of Agricultural Economics* 75, 674–684.
- Nyland, R., 2003. Even- to uneven-aged: The challenges of conversion. *Forest Ecology and Management* 172, 291–300. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00797-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00797-6)
- Oderwald, R.G., Duerr, W.A., 1990. König-Faustmannism: A Critique. *Forest Science* 36, 169–174. <https://doi.org/10.1093/forestscience/36.1.169>
- Ohlin, B., 1921. Concerning the question of the rotation period in forestry. *Ekonomisk Tidskrift*, vol. 22. *Journal of Forest Economics* 89–114.
- O’Laughlin, J., 1990. Comment III on Oderwald & Duerr (1990). *Forest Science* 36, 180–184.
- ONF, 2020. Les ventes de bois des forêts publiques en 2020. *Revue Forestière Française* 72, 491–503.
- Peyron, J.-L., 1998. *Élaboration d’un système de comptes économiques articulés de la forêt au niveau national. Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts de Nancy.*
- Peyron, J.-L., Maheut, J., 1999. Les Fondements de l’économie forestière moderne : le rôle capital de Faustmann, il y a 150 ans, et celui de quelques-uns de ses précurseurs et successeurs. *Revue Forestière Française*. <https://doi.org/10.4267/2042/5479>

- Peyron, J.-L., Terreaux, J.-P., Calvet, P., Guo, B., 1998. Principaux critères économiques de gestion des forêts: Analyse critique et comparative. <http://dx.doi.org/10.1051/forest:19980502> 55. <https://doi.org/10.1051/forest:19980502>
- Rämö, J., 2017. On the economics of continuous cover forestry. *Dissertationes Forestales* 2017. <https://doi.org/10.14214/df.245>
- Reed, W.J., 1984. The effects of the risk of fire on the optimal rotation of a forest. *Journal of Environmental Economics and Management* 11, 180–190. [https://doi.org/10.1016/0095-0696\(84\)90016-0](https://doi.org/10.1016/0095-0696(84)90016-0)
- Rollin, F., 2003. Critères économiques pour la gestion des peuplements inéquiennes. Stage de fin d'études. Voie d'approfondissement forêt-bois. Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts, Nancy.
- Samuelson, P.A., 1976. Economics of forestry in an evolving Society. *Economic Inquiry* 14, 466–492. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1976.tb00437.x>
- SFCDC, Assfor, EFF, 2022. Prix de vente des bois sur pied en forêt privée. Indicateurs 2022. Les marchés 2021.
- Strang, W.J., 1983. On the optimal forest harvesting decision. *Economic Inquiry* 21, 576–583. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1983.tb00655.x>
- Tahvonen, O., Kallio, M., 2008. Optimal Harvesting of Forest Age Classes Under Price Uncertainty and Risk Aversion. *Natural Resource Modeling* 19, 557–585. <https://doi.org/10.1111/j.1939-7445.2006.tb00194.x>
- Tarp, P., Helles, F., Holten-Andersen, P., Larsen, J., Strange, N., 2000. Modelling near-natural silvicultural regimes for beech - An economic sensitivity analysis. *Forest Ecology and Management - FOREST ECOL MANAGE* 130, 187–198. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00190-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00190-5)
- Terreaux, J.-P., 1996. Gestion des forêts: rentabilité et durabilité sont-elles opposables ? 41, 133–147. <https://doi.org/10.3406/reae.1996.1517>
- Vannière, B. (Coord.), 1984. Tables de production pour les forêts françaises, 2e édition. ed. Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts, Nancy.
- Viitala, E.-J., 2006. An early contribution of Martin Faustmann to natural resource economics. *Journal of Forest Economics* 12, 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2006.04.001>
- Yousefpour, R., Jacobsen, J., Thorsen, B., Meilby, H., Hanewinkel, M., Oehler, K., 2012. Erratum to: A review of decision-making approaches to handle uncertainty and risk in adaptive forest management under climate change. *Annals of Forest Science* 69, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0153-4>

Volet 2 : Analyse des modes de renouvellement en contexte de changement climatique

Le renouvellement des forêts constitue un enjeu majeur car il assure la pérennité des forêts et, par-là, le maintien de l'ensemble des services écosystémiques fournis par les forêts. Le renouvellement peut être réalisé (i) par régénération naturelle, qui constitue le mode le plus fréquent en France notamment en forêt feuillue et en forêt de montagne, (ii) par voie végétative (rejet de taillis), surtout pratiquée dans les peuplement feuillus dans la partie Sud du pays, (iii) par plantation, qui concerne en majorité les forêts résineuses, et (iv) par semis de graines, qui est une pratique très minoritaire à l'heure actuelle en France.

Dans un contexte de changements climatiques, de progression des aléas biotiques, et d'évolution des demandes sociétales, les objectifs et les conditions du renouvellement se modifient. Il convient à présent d'installer des peuplements résilients, adaptés aux conditions à venir et qui fournissent les services écosystémiques attendus par la société. Ces objectifs imposent de recourir pour partie à des types de peuplement plus mélangés en essences, moins réguliers en structure, plus variés, et comportant des « nouvelles » essences plus résistantes aux aléas attendus dans les années à venir.

Par ailleurs, des déficits de renouvellement par rapport aux besoins exprimés par la filière aval sont rapportés depuis plusieurs années (Houpert et Botrel 2015), ainsi que des difficultés récurrentes dans l'obtention des renouvellements (Cours des comptes, 2020). Ces difficultés sont imputées (i) à une pression importante et, dans certaines zones, croissante des ongulés sauvages et des ravageurs, (ii) à des conditions dégradées quand il s'agit de reconstituer des peuplements endommagés par des crises (tempêtes, ravageurs, incendies, dépérissements) et, de plus en plus, (iii) aux changements climatiques.

Ces différentes contraintes nous obligent à réviser les itinéraires techniques de renouvellement pour les adapter aux conditions futures attendues. S'ajoutent à ces contraintes des difficultés dans l'organisation de la filière, qui peine à fournir les plants face à une demande en expansion et qui se diversifie, et à fournir le matériel et les opérateurs pour effectuer l'ensemble des travaux de renouvellement.

Pour assurer le renouvellement forestier, le défi est alors d'adapter les itinéraires techniques et d'aller vers une organisation optimisée de la filière, pour être en mesure d'installer les jeunes peuplements dans des conditions futures, à la fois contraignantes et incertaines.

Nous analyserons ce défi au travers de quatre Thèmes abordés successivement : (1) l'approvisionnement en graines et plants forestiers ; (2) les facteurs de réussite des renouvellements forestiers ; (3) l'influence des pratiques de renouvellement sur les dégâts d'origine biotique ; (4) l'amélioration des pratiques de renouvellement en contexte de changement climatique. Les contributions développées dans chacun de ces thèmes s'appuient sur la littérature scientifique et technique, sur des avis d'experts et sur des résultats d'enquêtes.

Nous y traitons à la fois de la régénération naturelle et de la plantation, excepté dans le thème 1 qui est focalisé sur la plantation. Le renouvellement par taillis n'est pas abordé dans ce volet, car peu de travaux scientifiques ont été menés sur ce mode de renouvellement et sur sa place possible dans les stratégies d'adaptation des forêts aux changements globaux, en France tout du moins. Le renouvellement par semis artificiel n'est pas traité non plus, notamment car il exige un nombre élevé de graines pour assurer la bonne installation du jeune peuplement et semble donc inapproprié dans la situation actuelle de pénurie de graines pour de nombreuses essences.

Références bibliographiques

Houpert A., Botrel Y., 2015, Rapport d'information fait au nom de la commission des finances sur l'enquête de la Cour des comptes relative aux soutiens à la filière forêt-bois. Rapport d'information du Sénat n° 382.

Cours des comptes, 2020, La structuration de la filière forêt-bois, ses performances économiques et environnementales. Communication à la commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire de l'Assemblée nationale, Avril 2020.

Thème 1. Approvisionnement en graines et plants forestiers

La plantation représente actuellement une part minoritaire des surfaces forestières renouvelées en France. Elle s'avère néanmoins indispensable dans les situations où la régénération naturelle ne permet pas d'assurer le renouvellement de la forêt de manière à remplir les objectifs de gestion : (i) échec des opérations de régénération naturelle menées dans la parcelle, (ii) condition post-crise où les semenciers ont été détruits ou endommagés (tempête, incendie, scolyte, dépérissements), (iii) changement désiré d'essences ou volonté d'enrichir en essences pour adapter notamment les peuplements aux conditions futures, ou (iii) souhait de bénéficier d'un matériel génétique amélioré. Les prospectives pour les années à venir laissent penser que ces différentes situations devraient s'intensifier et donc un besoin très certainement accru de devoir recourir à la plantation.

Dans ce contexte, pour soutenir l'effort de renouvellement des forêts, le plan France Relance déployé par le gouvernement en 2020, a pour objectif d'aider à planter environ 50 millions d'arbres d'ici 2024. Cette action a été prolongée suite aux Assises de la forêt et du bois et aux incendies subis lors de l'été 2022, avec un soutien annoncé pour la plantation d'un milliard d'arbres d'ici 2030 (plan d'investissement France 2030).

Pour caractériser les évolutions récentes des surfaces plantées et pour préparer l'augmentation attendue des plantations dans les années à venir, le Thème 1 a été construit autour de deux contributions : (1) une enquête annuelle sur les plants vendus et une analyse de données d'inventaire de l'IGN, qui font un état des lieux actuel et une mise en perspective historique de la plantation en France ; (2) une analyse à dire d'expert des conditions d'approvisionnement en plants de la filière de reboisement. Dans les deux contributions, les quantités de plants produits sont déclinées par essence, avec une attention particulière portée aux essences dites « d'avenir » qui sont produites actuellement en faible quantité et qui sont, pour un grand nombre d'entre elles, encore mal connues. Il serait intéressant pour aller au bout de la démarche, de compléter cette analyse par une évaluation de la disponibilité actuelle des opérateurs et des matériels forestiers et de ses besoins d'évolution car c'est un facteur déterminant des réelles capacités d'évolution de la plantation dans les prochaines années.

Ce Thème vise à identifier les principales pistes d'actions pour améliorer le pilotage des plantations et la production des plants nécessaires pour répondre au défi qui nous est lancé.

Volet 2 | Thème 1. Approvisionnement en graines et plants forestiers

Question 1. Quelle est l'évolution des ventes de plants forestiers et des surfaces plantées en France depuis 30 ans ?

Sommaire

1.1 Contexte et problématique	554
1.2 Définitions	555
1.3 Matériel et méthodes	557
1.3.1 Reconstitution de la plantation forestière en France	557
1.3.2 Analyse des ventes de plants forestiers	557
1.3.3 Comment estimer les surfaces plantées ?	558
1.4 Réponses à la question de l'évolution des ventes de plants et des plantations réalisées	559
1.4.1 Les plantations en France depuis le XVII ^e siècle : une histoire politique aux objectifs contrastés	559
1.4.2 Ventes de plants et estimation de la surface plantée : des chiffres corrélés sous influences multiples	564
1.4.2.1 Un marché des plants forestiers fluctuant	564
1.4.2.1.1 Matériels et essences concernés	564
1.4.2.1.2 La production des plants : des pépinières de moins en moins nombreuses	564
1.4.2.1.3 Un marché des plants forestiers en diversification mais fortement influencé par les reconstitutions post-tempête et le pin maritime	564
1.4.2.1.4 Zoom sur les résineux	566
1.4.2.1.5 Zoom sur les feuillus	567
1.4.2.2 Estimation des surfaces plantées : des disparités géographiques et temporelles.....	569
1.4.2.2.1 Des disparités géographiques	569
1.4.2.2.2 Des disparités temporelles.....	570
1.4.2.3 Corrélation entre les aides à la plantation, les surfaces à caractère planté et les ventes de plants	572
1.4.3 Analyse de la nature des essences utilisées pour les plantations forestières	573
1.4.3.1 Des essences en difficultés face aux aléas aujourd'hui	573
1.4.3.2 Des essences qui se maintiennent	574
1.4.3.3 Des essences qui ont le vent en poupe	575
1.5 Besoins de recherche et pistes de recommandations	576
1.6 Références bibliographiques	577
1.7 Annexes	581

Rédacteurs

Cécile **Joyeau**, INRAE, UR EFNO, Nogent-sur-Vernisson (45), France

Aurore **Desgroux**, INRAE, UR EFNO, Nogent-sur-Vernisson (45), France

Contributeurs

Nathan **Fornes**, INRAE, UR EFNO, Nogent-sur-Vernisson (45), France

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

1.1 Contexte et problématique

La plantation est l'une des méthodes utilisées activement depuis le XVII^e siècle en France pour la constitution de forêts (boisement de landes ou de terres agricoles) ou pour le renouvellement des forêts (reboisement avec ou sans changement d'essence). La plantation est certainement minoritaire par rapport à la régénération naturelle dans les modes de renouvellement des peuplements forestiers : seuls 13 % des forêts actuelles seraient issues de plantation (Du Puy *et al.*, 2017 ; voir Volet 1, Thème 1, « Question 2. Quelles sont les principales modalités de coupes de régénération, en forêts tempérées et

boréales, et particulièrement en France métropolitaine ? »). Cependant, la plantation peut contribuer à la restauration des écosystèmes, la protection des populations, ou encore l'adaptation des forêts dans un contexte de changements climatiques (Piton *et al.*, 2021). Par exemple, elle peut permettre l'introduction de nouvelles provenances ou essences et la reconstitution des peuplements qui ne peuvent se régénérer naturellement de façon satisfaisante.

Bien que la forêt française soit principalement constituée d'essences feuillues (67 % de la surface forestière, IGN, 2021), la forêt ayant un aspect de plantation est majoritairement résineuse (80 % de la surface) (Du Puy *et al.*, 2017). Seulement 16 % des surfaces ayant un aspect de plantation sont composées de mélange d'essences en 2017. Il s'agit le plus souvent de deux essences résineuses, plus rarement de deux essences feuillues (Du Puy *et al.*, 2017).

Nous ne disposons pas de données quantitatives exhaustives sur les surfaces plantées ou le lieu de plantation des essences à l'échelle de la France. Les études disponibles ne concernent que des plantations qui ont pu être financées par des fonds publics et uniquement sur de courtes périodes (Ginisty *et al.*, 1998 ; Thivolle Cazat *et al.*, 2001 ; Legay *et al.*, 2014 ; Gadant, 1987 ; de Rochebouet, 1987). En revanche, nous avons une bonne connaissance sur les productions annuelles de plants forestiers produits et commercialisés en France.

Néanmoins, pour apporter des premiers éléments de réponse sur l'importance du boisement et reboisement en France, nous proposons ici : (i) une rétrospective de la dynamique des « campagnes » de plantation en France depuis le XVII^e siècle ; (ii) une analyse des données de commercialisation de plants forestiers destinés à la plantation forestière pour la période de 1992 à 2020 ; (iii) une approximation des surfaces plantées réalisée par l'IGN *via* l'IFN ; (iv) une analyse de l'évolution de certaines essences concernées par la plantation à partir de ces approches.

1.2 Définitions

Chablis : d'après le dictionnaire forestier multilingue, arbre naturellement renversé, déraciné ou rompu par le vent, ou brisé sous le poids de la neige, etc. (Métro, 1975).

Essence (forestière) : d'après le dictionnaire Larousse en ligne³⁹⁵, « *en botanique ou en sylviculture, synonyme d'espèce d'arbre* ».

Essence feuillue : d'après le dictionnaire forestier multilingue, espèce d'arbre appartenant à la classe des angiospermes portant des feuilles à limbe relativement large, par opposition aux essences résineuses (Métro, 1975).

Essence résineuse : d'après le dictionnaire forestier multilingue, espèce d'arbre appartenant à la classe des gymnospermes portant le plus souvent des aiguilles, par opposition aux essences feuillues (Métro, 1975).

Essence (espèce) réglementée : espèce d'arbre d'intérêt pour la sylviculture, inscrite au code forestier³⁹⁶ et soumise au livre I^{er}, titre V, chapitre III du même code pour la commercialisation des matériels forestiers de reproduction à des fins forestières. La liste est mise à jour régulièrement et publiée sur le site internet du ministère en charge des forêts.

Fin forestière : matériel de base destiné au boisement ou au reboisement en forêt.

Matériel de base : d'après la directive 1999/105/CE³⁹⁷ « *selon le cas* :

³⁹⁵ Dictionnaire Larousse en ligne : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/essence/31095>

³⁹⁶ <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGITEXT000025244092/>

³⁹⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:31999L0105>

- *la source des graines (les arbres situés dans une zone de récolte de graines) ;*
- *le peuplement (une population délimitée d'arbres dont la composition est suffisamment uniforme) ;*
- *le verger à graines (une plantation de clones ou de familles sélectionnés, isolée ou gérée de manière à prévenir ou à réduire les pollinisations extérieures, et gérée de manière à produire des cultures de semences fréquentes, abondantes et aisément récoltées) ;*
- *les parents d'une famille (les arbres servant à obtenir des descendants par pollinisation contrôlée ou libre d'un parent identifié, utilisé comme femelle avec le pollen d'un parent (pleins germains) ou de plusieurs parents identifiés ou non (demi-frères) ;*
- *le clone (un groupe d'individus (ramets) issus à l'origine d'un individu unique (ortet) par multiplication végétative, par exemple par bouturage, micropropagation, greffe, marcottage ou division) ;*
- *le mélange clonal (un mélange de clones identifiés dans des proportions déterminées). »*

Matériel forestier de reproduction (MFR) : d'après la directive 1999/105/CE³⁹⁸ « *les matériels de reproduction des essences forestières et de leurs hybrides artificiels qui sont importants pour la sylviculture sur tout ou partie du territoire communautaire et, notamment, les matériels énumérés à l'annexe I. Par matériel de reproduction, on entend, selon le cas :*

- *la semence (les cônes, infrutescences, fruits et graines destinés à la production de plants) ;*
- *les parties de plantes (les boutures de tiges, de feuilles et de racines, explants ou embryons destinés à la micropropagation, bourgeons, marcottes, racines, greffons, plançons et toute partie de plante destinés à la production d'un plant) ;*
- *les plants (les plantes élevées au moyen de semences, de parties de plantes ou les plantes provenant de semis naturels). »*

Plantation forestière : d'après le dictionnaire forestier multilingue « *Action de planter des arbres par semis direct ou plantation de plants, en vue de la création de forêts ou de peuplements forestiers, le plus souvent destinés à produire du bois ou à protéger le sol et les eaux.* » (Métro, 1975). Dans la présente étude, nous excluons les semis directs.

Plant (forestier) : d'après le dictionnaire forestier multilingue « *Jeune plante issue d'une graine* » (Métro, 1975). Généralement, on parle de plants âgés de 1 à 5 ans, destinés au boisement ou reboisement en forêt (à fins forestières).

Provenance : d'après la directive 1999/105/CE³⁹⁹ « *le lieu de croissance de tout peuplement d'arbres* ». D'après le dictionnaire forestier multilingue « *Lieu où se trouvent les arbres, autochtones ou non, d'où provient un lot de semences ou pollen (OCDE) ; région et (ou) milieu d'où les arbres parents sont originaires, et où leur constitution génétique s'est formée par sélection naturelle* » (Métro, 1975).

Région de provenance : d'après la Directive 1999/105/CE⁴⁰⁰ « *pour une espèce ou une sous-espèce, la région de provenance est la région ou le groupe de régions régies par des conditions écologiques suffisamment uniformes dans lesquelles des peuplements ou des sources de graines présentent des caractéristiques phénotypiques ou génétiques similaires, compte tenu, le cas échéant, des limites altitudinales.* »

³⁹⁸ *Ibid.*

³⁹⁹ *Ibid.*

⁴⁰⁰ *Ibid.*

Ressources génétiques forestières (RGF) : traduit d’après (FAO, 2014) ; « *les matériels héréditaires au sein et entre les espèces d’arbres et les autres plantes ligneuses qui possèdent actuellement ou potentiellement une valeur économique, environnementale, scientifique ou sociétale* ».

1.3 Matériel et méthodes

1.3.1 Reconstitution de la plantation forestière en France

Cet historique a été réalisé à partir d’une recherche bibliographique sur le web (moteur de recherche Google, bases des rapports publiés du Conseil général de l’alimentation, de l’agriculture et des espaces ruraux [CGAAER]⁴⁰¹ et de l’Inspection générale de l’environnement et du développement durable [IGEDD]⁴⁰²), sur les bases documentaires INRAE et de la consultation d’ouvrages.

1.3.2 Analyse des ventes de plants forestiers

Concernant les données de commercialisation de plants forestiers, la principale source de données utilisée est constituée par les enquêtes statistiques annuelles sur la production et la vente en France de plants forestiers. Cette enquête est obligatoire pour tous les professionnels exerçant une activité dans la production ou le commerce de MFR. La collecte est assurée par les contrôleurs de ressources génétiques forestières DRAAF, la compilation des données et la rédaction des synthèses sont confiées à INRAE par le MASA. Les résultats sont publiés par le MASA via des notes de service annuelles qui comprennent une note de synthèse ainsi que des tableaux récapitulatifs. Ces documents sont mis à disposition sur le site web⁴⁰³ du MASA. Cette enquête vise à suivre annuellement l’ensemble des flux commerciaux de plants à fins forestières. Chaque enquête prend en compte une campagne de plantation, soit du 1^{er} juillet de l’année N au 30 juin de l’année N+1 (par exemple, l’enquête 2020 prend en compte les flux commerciaux du 1^{er} juillet 2020 au 30 juin 2021).

De par sa construction, l’enquête comporte des limites ne permettant pas d’avoir une vision exhaustive des flux commerciaux de plants forestiers :

- sont prises en compte, les essences réglementées par le code forestier auxquelles est ajoutée une liste restreinte d’essences utilisées en forêt (Annexe 1.1-1). Ne sont pas concernées par l’enquête, les essences ne faisant pas partie de cette liste ;
- pour les espèces non-réglémentées ajoutées à la liste, les plants pris en compte sont uniquement ceux déclarés par le vendeur comme destinés à des plantations à fins forestières ;
- le recul que nous avons sur l’étude montre que la notion de plants destinés à des fins forestières n’est pas perçue de façon homogène par tous les acteurs de la filière. Les entreprises vendeuses ne connaissent pas toujours précisément la destination finale de l’intégralité des plants qu’elles commercialisent. Ainsi, parmi l’ensemble des plants recensés dans cette enquête, une certaine proportion de plants (variable selon les essences) est sans doute destinée à d’autres fins que la plantation en forêt. Tel est le cas notamment sur les essences non réglementées ou sur celles utilisées pour les sapins de Noël, par exemple l’épicéa et le sapin de Nordmann.

Dans le cadre de la présente expertise, nous avons réuni les données de ventes issues des enquêtes annuelles pour la période 1992-2020. Les données antérieures ne sont pas disponibles en base de données pour une mobilisation dans le cadre de cette expertise, mais nous avons pu nous appuyer sur des publications plus anciennes pour comparer la période étudiée à la tendance des années 1974-1984

⁴⁰¹ Consultables ici : <https://agriculture.gouv.fr/publications>

⁴⁰² Consultables ici : <https://igedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/recherche>

⁴⁰³ Voir ici : <https://agriculture.gouv.fr/statistiques-annuelles-sur-les-ventes-de-graines-et-plants-forestiers>

(Roman-Amat, 1983; Delion, 1986 ; Steinmetz, 1987). Attention toutefois, les données de 1974 à 1982 ne séparent pas les ventes en France et les ventes à l'export. En effet, l'objectif initial de l'enquête était d'évaluer la performance du marché commercial et non d'évaluer et caractériser les efforts de plantation en France. Les exportations sur cette période concernaient essentiellement du douglas vers l'Allemagne (Roman-Amat, 1983).

Certains choix ont été faits pour l'analyse :

- exclusion des ventes de plançons de peupliers ;
- prise en compte de l'intégralité des ventes en France, que les plants soient produits par des pépiniéristes français ou importés *via* des entreprises de négoce ou directement par les propriétaires forestiers ;
- exclusion des plants produits en France mais exportés vers l'étranger.

La base de données de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) sur les semences et plants forestiers a été indisponible pendant toute la durée de l'étude et nous n'avons pas pu replacer le marché français dans une échelle plus globale.

1.3.3 Comment estimer les surfaces plantées ?

Les chiffres sur les ventes de plants en France ne peuvent pas être utilisés pour estimer précisément les surfaces plantées. Chaque année, une partie des plants sont utilisés pour des regarnis, enrichissements et autres utilisations non liées à la plantation en plein, induisant une surestimation des surfaces plantées. Les surfaces plantées peuvent l'être en semis direct, ne passant pas par une phase d'élevage des plants en pépinière ce qui induit une sous-estimation des surfaces plantées. Par ailleurs, chaque essence est plantée avec une densité moyenne différente et les densités préconisées ont évolué lors des 40 dernières années (Du Puy *et al.*, 2017).

Tous ces biais rendent l'exercice de traduction des ventes de plants en surfaces plantées particulièrement complexe. Cela pourrait être réalisé en faisant certaines hypothèses de densité de plantation, de taux de regarnis, mais le temps imparti par l'étude ne nous l'a pas permis.

Une autre approche consiste à estimer les surfaces plantées à l'aide des données produites et publiées par l'IGN dans le cadre de l'IFN (Du Puy *et al.*, 2017 ; Piton, 2021). L'indicateur de gestion durable (IGD) « 4.2 Caractère naturel des forêts »⁴⁰⁴, permet d'avoir une idée du caractère de naturalité des forêts métropolitaine. Il est basé sur la distinction de l'aspect des forêts « *présentant un caractère de plantation* » de celles « *présentant un caractère semi-naturel* » (Piton, 2021) pour la description de la méthodologie). Cette approche comporte également des biais, avec notamment le fait que les opérateurs de l'IFN ne regardent que l'aspect des peuplements. Si le peuplement est vieux, le risque de confusion est très fort, et la différence peut être assez grande sur le résultat final. Dans notre étude, nous nous sommes basés sur l'approche proposée par l'IGN.

Enfin, nous proposons une approche à l'aide de données issues des campagnes d'inventaire de 2008 à 2020 de l'IFN. Pour chaque campagne, nous avons pris en compte les données correspondant aux surfaces des **peuplements non recensables** c'est-à-dire des peuplements dont les arbres recensables (diamètre des arbres < 7,5 cm) ne forment pas plus de 10 % du couvert, à **caractère planté** pour lesquelles l'**âge du peuplement** est estimé entre **0 et 5 ans**. Les surfaces de forêts à caractère planté recensées l'année N correspondent à des plantations effectives entre l'année N-5 et l'année N. Une valeur moyenne annuelle est ensuite calculée sur les 5 ans. Cela ne permet pas d'identifier l'année de plantation, ni l'âge réel des plants au moment de la plantation. Le nombre de placettes échantillonnées

⁴⁰⁴ Consultable ici : <https://foret.ign.fr/IGD/fr/indicateurs/4.2>

est représentatif des surfaces forestières françaises, mais la taille de cet échantillon abouti à des intervalles de confiance élevés (entre 25 et 30 %). Ces chiffres sont donc à prendre avec précaution.

1.4 Réponses à la question de l'évolution des ventes de plants et des plantations réalisées

1.4.1 Les plantations en France depuis le XVIIe siècle : une histoire politique aux objectifs contrastés

Les premiers chantiers de plantations ont vu le jour sous Louis XIV avec l'impulsion de Jean-Baptiste Colbert à partir de 1669. L'objectif était de **renforcer la production de bois pour la Marine** afin d'asseoir la force militaire du royaume (Perron, 2021).

Il faudra attendre 1827 pour que le Code forestier – tel que nous le connaissons aujourd'hui – voie le jour, en s'inspirant fortement des travaux de Colbert, la Révolution laissant également son héritage). Le code forestier affiche alors une ambition : la **conservation des forêts** (Perron, 2021, p. 207). Ces bases vont permettre un développement forestier important tout au long du XIX^e siècle.

Au début des années 1800, un grand chantier de plantation visera à **stabiliser les dunes côtières de Gascogne** dans un but de **protection des populations** (Perron, 2021, pp. 251–252). Depuis 1862, ce sont 380 km de cordon dunaire qui ont été installés. À l'époque, le pin maritime a été choisi à la fois pour sa présence dans le secteur, son adaptation au climat marin et aux sols pauvres et sableux, ainsi que pour son intérêt économique (gommage de la résine jusqu'au XX^e siècle). C'est ainsi que le littoral atlantique compte aujourd'hui plus de 116 000 ha de forêt.

En 1860, la législation intègre une loi relative au reboisement des montagnes et une autre relative à la mise en valeur des marais et des terres incultes appartenant aux communes (Perron, 2021, p. 261).

La première loi vise à reboiser les terrains montagneux victimes du surpâturage et des coupes intensives de bois pour le chauffage provoquant, par la mise à nu du sol, de gros dégâts par érosions, inondations torrentielles, avalanches ou mouvements de terrain (Perron, 2021, tit. IV ; Arnould *et al.*, 2016). L'objectif est donc principalement la **protection des populations**. Les principales zones concernées sont réparties dans le Massif central, les Alpes et les Pyrénées (Cinotti, 1996 ; Arnould *et al.*, 2016). Les reboisements sont accompagnés de la mise en place d'ouvrages permettant la régulation du régime des eaux (Arnould *et al.*, 2016). Il faudra attendre le XXI^e siècle pour atteindre les 300 000 ha envisagés (de Galbert *et al.*, 2015). Les plantations de **restauration de terrains de montagne** (RTM) se sont basées sur les essences (surtout résineuses) déjà présentes avant déboisement, principalement le pin sylvestre, le pin cembro, le mélèze, le pin à crochets, et dans une moindre mesure, le sapin et l'épicéa. Dès cette époque, les opportunités d'approvisionnement en graines vont également dicter certains choix, comme par exemple l'introduction du cèdre de l'Atlas issue d'échanges avec l'Algérie. C'est également à cette époque qu'apparaît le pin noir d'Autriche dans les plantations. Cette essence très rustique a été très utilisée pour créer une ambiance forestière qui pourra aider l'implantation des feuillus par la suite (Legay *et Le Boulter*, 2014).

La deuxième loi vise à **valoriser les terres incultes** : « *seront desséchés, assainis, rendus propres à la culture ou plantés de bois, les marais et les terres incultes appartenant aux communes ou sections de communes dont la mise en valeur aura été reconnue utile* » (article 1er de la loi de 1857 ; Perron, 2021, p. 262). Cela engendra notamment le boisement de 1 Mha de pin maritime dans **les Landes de Gascogne** et de 100 000 ha de pins maritime et sylvestre en **Sologne** (Cinotti, 1996). Les espèces ont été choisies pour leur présence historique et leur adaptation locale.

Au début du XX^e siècle, après la première guerre mondiale, l'état légifère pour reconstruire les forêts suite aux dégâts engendrés par les combats (Perron, 2021, tit. IV). Ce sont 20 000 ha qui seront plantés sur les **zones de combat de l'Est de la France**, principalement en résineux à croissance rapide (pins noirs d'Autriche et épicéas) pour faciliter l'implantation d'une ambiance forestière et pour des raisons économiques.

Pendant la seconde guerre mondiale, au-delà des dommages dus aux combats, on observe une exploitation intensive des forêts instaurée par les occupants et l'État français du régime de Vichy (Perron, 2021, p. 369). Dans le cadre de la reconstruction du pays après-guerre, l'État met en place le **fonds forestier national** (FFN) en 1946 (Loi n°46-2172 du 30 septembre 1946 ; Perron, 2021, p. 370). Le FFN vise à subventionner les plantations forestières, notamment à des **fins économiques**, encourageant la production de résineux pour **s'affranchir des importations** coûteuses pour le sciage et la papeterie (Legay et Le Bouler, 2014 ; Perron, 2021, p. 370 ; Guitton et Riou-Nivert, 1987). Avec une ambition initiale de 3 à 4 Mha, il permettra finalement la plantation de plus de 2 Mha en France métropolitaine, dont 60 % entre 1946 et 1966 (Gadant, 1996 ; de Rochebouet, 1987). Il a ainsi participé à l'augmentation d'un tiers de la surface boisée entre 1946 et 1999. Dans un premier temps, la plupart des essences concernées sont des résineux (plus de 90 % des surfaces plantées entre 1946 et 1974), notamment le douglas, les épicéas et les pins, pour des objectifs de production de pâte à papier et de bois de construction (de Rochebouet, 1987). Quelques feuillus sont également concernés comme le noyer et le peuplier. Les aides s'ouvriront progressivement aux autres feuillus (chêne pédonculé, chêne sessile, hêtre commun, érable sycomore, frêne, merisier, chêne rouge d'Amérique) à partir de 1974 et 1978 (Steinmetz, 1987). Parmi les départements les plus aidés par le FFN, on distingue trois zones principales : le Bassin aquitain, le Massif central et la Bourgogne-Franche-Comté (de Galbert *et al.*, 2015 ; Figure 1.1-1). Ce dispositif, bien que jugé par la filière efficace et substantiel (Dedinger et Bénézit, 2020), a pris fin le 1^{er} janvier 2000 (Perron, 2021, p. 402). En effet, alimenté par une taxe fiscale, le FFN échappait à l'annualité budgétaire et a été jugé inadapté sous cette forme dans le cadre communautaire.

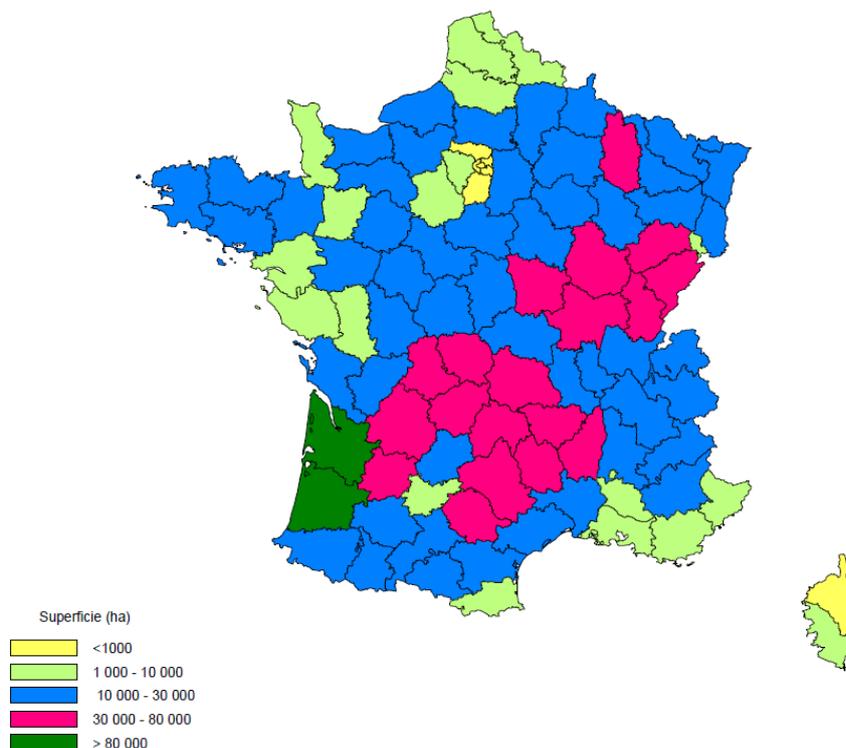


Figure 1.1-1 : Carte des interventions FFN entre 1949 et 1999 (de Galbert *et al.*, 2015)

Par ailleurs, à la suite des traités de Rome en 1957, l'Union européenne institue le Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (FEOGA) en 1962 (Le Chatelier, 1967 ; Règlement n° 25 991/62 relatif au financement de la politique agricole commune). L'Union européenne met alors en place des aides financières pour le **boisement des terres agricoles abandonnées** ou ayant subi des **catastrophes naturelles**. Ces aides, venant en complément du FFN et incluses dans la section Orientation du FEOGA, visaient prioritairement certaines régions (Bretagne, Massif central et Rhône-Alpes) (Le Chatelier, 1967).

Le XXI^e siècle voit un **paysage de plus en plus complexe des enjeux**, des sources de financements possibles et de la fiscalité forestière encourageant la plantation : financements publics mis en œuvre directement par l'État, financements liés aux programmes européens, financement conjoints État/Régions, financements régionaux, financements privés, etc. (Barthod, 2001 ; Lavarde *et al.*, 2013 ; Dedingering *et* Bénézit, 2020). Par ailleurs, la politique forestière subit de **profonds bouleversements** avec la **multiplication des enjeux**. On pourra citer : la mondialisation des cours du bois, la hausse des coûts de gestion et de main d'œuvre, la gestion multifonctionnelle des forêts, le développement d'une stratégie bas-carbone, le changement climatique accentuant les risques d'événements météorologiques extrêmes, les modifications des équilibres écologiques (dont l'augmentation des populations des grands gibiers) et les dépérissements de nombreux peuplements forestiers (Croisel, 2007 ; Dedingering *et* Bénézit, 2020 ; Moreau *et* Piveteau, 2022).

À titre d'exemple, et surtout sans chercher l'exhaustivité, on pourra citer quelques éléments majeurs :

- le **plan Chablis** annoncé le 12 janvier 2000 par le Gouvernement, suite aux tempêtes **Lothar et Martin** de décembre 1999, qui a mobilisé des fonds de l'État, des Régions et de l'Union européenne (Croisel, 2007). Ces deux tempêtes consécutives ont principalement touché l'Aquitaine et la Lorraine (Figure 1.1-2 ; IFN, 2003 ; IGN, 2017). Sur la totalité du territoire métropolitain, ce sont plus de 430 000 ha qui ont subi des dégâts à plus de 50 % (IGN, 2017). Les aides visaient, entre autres, à la récolte et la valorisation des bois chablis, et à la **reconstitution des forêts sinistrées** (Croisel, 2007). Les aides à la reconstitution ont duré de 2000 à 2007. La reconstitution a été mise en œuvre par voie naturelle et par voie artificielle (plantation). À titre d'exemple, dans le département des Vosges, 44 % des surfaces reconstituées l'ont été par plantation (Croisel, 2007) ;
- le **plan Chablis** suite à la tempête **Klaus** qui touchait le 29 janvier 2009 le massif des Landes de Gascogne avec plus de 223 000 ha sinistrés à plus de 40 % (Figure 1.1-3 ; (IGN, n.d.⁴⁰⁵). D'après l'observatoire de la reconstitution de la forêt suite à la tempête Klaus, 204 000 ha ont bénéficié d'aides à la **reconstitution des forêts sinistrées** ;
- le **Dispositif d'Encouragement Fiscal à l'Investissement en forêt** (DEFI), mesure instaurée par la loi n° 2001-602 du 9 juillet 2001 d'orientation sur la forêt⁴⁰⁶ et réglementée par le code général des impôts⁴⁰⁷. Ce dispositif favorise l'investissement et la gestion durable des forêts privées en permettant, sous certaines conditions, de bénéficier d'un crédit ou de réduction d'impôt sur le revenu notamment pour les travaux forestiers de renouvellement (plantation et régénération) ;

⁴⁰⁵ <https://gipatgeri.fr/blog/gestion-de-crise/klaus-10-ans-de-mobilisation-de-la-filiere-pour-reconstituer-le-massif/>

⁴⁰⁶ Loi n°2001-602 du 9 juillet 2001 d'orientation sur la forêt, Titre II, Chapitre Ier, Article 9
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000223691>

⁴⁰⁷ Code général des impôts, Livre premier, Première Partie, Titre premier, Chapitre Ier, Section V, II, 34°, Article 200 quindecies : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000046861038

- la **gestion durable des forêts** imposée par le code forestier depuis 2012. Le propriétaire forestier doit assurer la **reconstitution de l'état boisé après une coupe** selon certaines conditions (art. L. 124-6⁴⁰⁸) ;
- la **compensation du défrichement**, imposée par le code forestier depuis 2014 (à quelques exceptions près) (art. L. 341-6⁴⁰⁹). Cette compensation peut être faite soit par reboisement ou boisement, par travaux sylvicoles d'amélioration, par travaux de génie civil ou biologique, par travaux de réduction des risques, ou par indemnités financières versées au fonds stratégique de la forêt et du bois. Les objectifs des compensations sont principalement de **reconstituer la multifonctionnalité des peuplements forestiers** détruits par le défrichement (Auricoste *et al.*, 2021). Entre 2014 et 2017, environ 2 500 ha défrichés ont conduit à des compensations. La majorité des compensations ont été réalisées sous forme d'indemnités financières (64 %) et seulement 9 % sous forme de boisements ou reboisements (Auricoste *et al.*, 2021) ;
- le **Label Bas-Carbone**, lancé en avril 2019 par le ministère de la Transition écologique, vise à « réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre, y compris par **séquestration** »⁴¹⁰. Sur le principe de la **compensation d'émissions**, il permet aux entreprises, établissements publics, collectivités et particuliers de financer entre autres des projets de boisement ou de reconstitution de forêts dégradées ;
- le **plan France Relance**, lancé en 2020 par le Gouvernement français, comprend un dispositif en faveur du **renouvellement forestier** dans un contexte de **changement climatique**⁴¹¹. En cohérence avec la feuille de route pour l'adaptation des forêts à ce changement, le plan propose de financer des projets pour la reconstitution des forêts dépérissantes (notamment dans les Régions Grand-Est, Bourgogne-Franche-Comté et Auvergne-Rhône-Alpes), le renouvellement de forêts vulnérables au changement climatique et la conversion de peuplements pauvres pour améliorer leur contribution à l'atténuation dudit changement. Les conditions d'éligibilité intègrent une obligation de **diversification des essences** (20 % à partir de 10 ha ; Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2020, chap. 3). Un bilan au 31 décembre 2021 affiche des dossiers déposés pour 24 400 ha dont plus de 50 % concernent des peuplements sinistrés (dépérissants), essentiellement dans l'Est de la France (communication personnelle MASA, 2022). Les trois principales essences visées dans les dossiers sont le douglas, le chêne sessile et le pin maritime.
- le **plan d'investissement France 2030** annoncé par le Gouvernement en octobre 2021, en complément du plan France Relance, vise à **garantir la durabilité, la résilience et la capacité de production de la forêt française**⁴¹².
- suite aux récents **incendies de l'été 2022**, des annonces du Gouvernement laissent penser que l'État français va subventionner la **reconstitution** des surfaces sinistrées, notamment en Gironde⁴¹³.

⁴⁰⁸ Code forestier, Partie législative, Livre Ier, Titre II, Chapitre IV, section 3 : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000025245853

⁴⁰⁹ Code forestier, Partie législative, Livre III, Titre IV, Chapitre Ier : <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGIARTI000033745928/2016-12-30/>

⁴¹⁰ Décret n° 2018-1043 du 28 novembre 2018 créant un label « Bas-Carbone ». NOR : TRER1818757D. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037657959/>

⁴¹¹ Voir ici : <https://agriculture.gouv.fr/francerelance-le-renouvellement-forestier-est-lance>

⁴¹² Voir ici : <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-dinvestissement-france-2030-au-service-de-la-filiere-foret-bois>

⁴¹³ Voir ici : <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2022/07/20/en-gironde-le-president-aux-cotes-de-nos-sapeurs-pompiers-et-de-tous-les-heros-mobilises-face-aux-incendies>

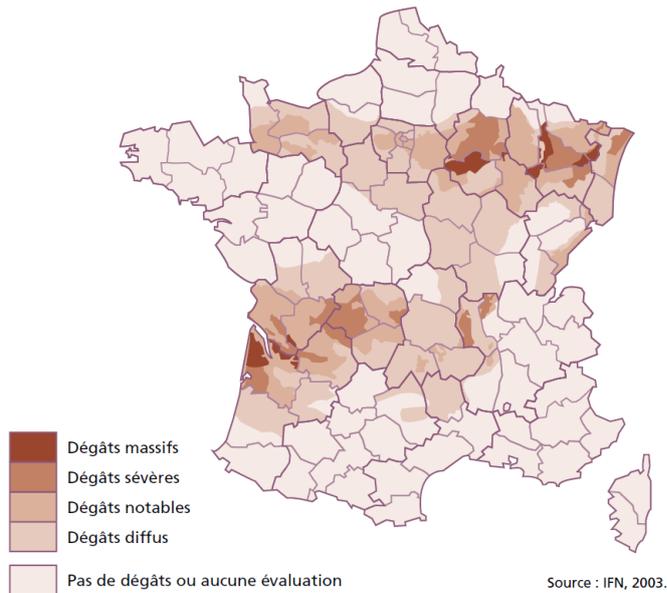


Figure 1.1-2 : Représentation de la sévérité des dégâts par généralisation des cartes départementales suite aux tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999 (IFN, 2003)

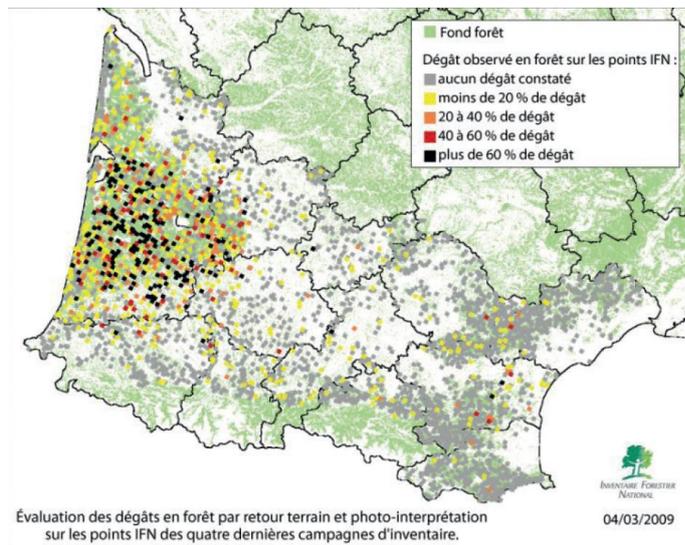


Figure 1.1-3 : Évaluation des dégâts de forêt par retour terrain et photo-interprétation sur les points IFN des quatre dernières campagnes d'inventaire, suite à la tempête Klaus en janvier 2009 (IFN, 2009)

En conclusion, depuis plus de 350 ans, les politiques forestières qui se sont succédées en France ont eu des ambitions et des objectifs parfois différents et ont fortement influencé la dynamique des plantations : maintien de la force militaire, restauration et mise en valeur des peuplements endommagés par des activités humaines, protection des populations, production de bois d’œuvre et d’industrie et indépendance économique, restauration des peuplements endommagés par des catastrophes naturelles, des ravageurs ou des incendies et adaptation des peuplements au changement climatique. Ces différents objectifs ont conduit à des choix de méthodes et des exigences disparates qui peuvent en partie expliquer l’aspect et la composition de nos forêts françaises contemporaines. Ces choix ne se sont pas toujours révélés les plus judicieux sur le long terme (un exemple parmi d’autres : les plantations d’épicéas en plaine qui souffrent aujourd’hui de dépérissements massifs sous l’effet du changement climatique et des attaques de parasites (Escande-Vilbois and Dedinger, 2021). Les politiques des dernières années poussent à la diversification (des

essences et des modes de sylviculture) et encouragent aux réflexions autour de la résilience des forêts considérées sur le long terme afin d'éviter ces écueils à l'avenir.

1.4.2 Ventes de plants et estimation de la surface plantée : des chiffres corrélés sous influences multiples

1.4.2.1 Un marché des plants forestiers fluctuant

Toutes les données utilisées dans cette partie proviennent des enquêtes sur la production et la vente en France de plants forestiers (voir « 1.3.2 Analyse des ventes de plants forestiers »).

1.4.2.1.1 Matériels et essences concernés

Les plants forestiers produits et vendus en France sont issus à 97 % de matériel forestier de reproduction (MFR) d'essences réglementées (moyenne sur les cinq dernières années). Les 3 % restants proviennent d'essences non réglementées mais utilisées à des fins forestières.

Un point important à prendre en compte dans la suite de notre analyse concerne la liste des essences forestières prises en compte dans l'enquête nationale au cours du temps. En effet, l'évaluation du marché porte, depuis 2015, sur 84 essences résineuses et feuillues dont 67 sont inscrites au code forestier et produites en MFR (voir Annexe 1.1-1). Or, en 1992, l'enquête ne concernait que 24 espèces, dont 16 essences résineuses et huit essences feuillues (voir Annexe 1.1-2). L'évolution du nombre d'essences prises en compte est illustrée par l'histogramme de la Figure 1.1-4.

1.4.2.1.2 La production des plants : des pépinières de moins en moins nombreuses

Les plants forestiers utilisés pour le reboisement en France sont produits par les pépiniéristes forestiers français ou importés. Dans la suite du texte, pour simplifier la lecture, le terme « pépinière » fait référence aux entreprises ayant effectivement produit des plants forestiers durant l'année considérée.

Au cours des 30 dernières années, le paysage des pépinières a été modifié : près des trois quarts ont disparu pendant cette période. Roman-Amat (1983) montre qu'en 1974, 1 197 pépinières étaient productives. Lors de la campagne 2020, (du 1^{er} juillet 2020 au 30 juin 2021), l'enquête sur la production et la vente en France de plants forestiers en dénombre 126 actives au cours de la période, soit un dixième par rapport à 1974. En moyenne sur ces dernières années, 15 % des pépinières produisent 87 % des plants. Pour la campagne 2020, les 126 pépinières ont produit 56 millions de plants forestiers.

La très grande majorité de ces plants sont commercialisés aux reboiseurs français (plus de 95 %), les autres étant exportés.

Les importations de plants issus de pépinières étrangères restent faibles ; elles comptabilisent généralement autour d'un million de plants.

1.4.2.1.3 Un marché des plants forestiers en diversification mais fortement influencé par les reconstitutions post-tempête et le pin maritime

Cette partie concerne exclusivement les plants vendus en France, qu'ils soient produits par des pépiniéristes français ou importés de l'étranger (voir Annexe 1.1-3).

Le FFN a engendré des ventes de plants inédites en France, s'élevant certaines années à plus de 120 millions de plants par an (quantité vendue en 1975, le maximum de surfaces plantées a été enregistré en 1963) (Roman-Amat, 1983 ; de Rochebouet, 1987). La modification des règles et des modalités d'aides du FFN à partir de 1969, ainsi que la raréfaction des terrains à boiser ou reboiser et la diminution des densités de plantation préconisées, ont provoqué une chute des ventes de plants

dès les années 1970 (Roman-Amat, 1983 ; Delion, 1986 ; de Rochebouet, 1987). Au début des années 1990, le nombre de plants vendus annuellement en France n'était plus que d'environ 75 millions de plants (Figure 1.1-4). L'arrêt total des aides liées au FFN, le 1^{er} janvier 2000 (Perron, 2021, p. 402), conduit à un niveau des ventes le plus bas enregistré depuis le début de l'enquête nationale en 1999 et en 2000 (environ 35 millions de plants). Cependant, les deux tempêtes consécutives Lothar et Martin de décembre 1999 ont fortement endommagé plus de 430 000 ha (IFN, 2003 ; IGN, 2017), ce qui va relancer la production et les ventes de plants les années suivantes pour reconstruire les massifs sinistrés. L'année 2008 voit la fin du plan Chablis des tempêtes de 1999, mais les massifs aquitains subissent de nouveau une tempête ravageuse en 2009. Klaus endommagera en effet plus de 230 000 ha et l'État mettra de nouveau en place des aides pour reconstruire les massifs, ce qui relancera le marché jusqu'en 2018.

Ces événements sont importants à prendre en compte dans l'analyse du marché. En effet, au cours des 20 dernières années, la moyenne des ventes se situe autour des 60 millions de plants, ce qui est toutefois un résultat en trompe-l'œil car sans le pin maritime, principale essence de reboisement utilisée pour la reconstitution du massif landais suite aux deux tempêtes majeures de 1999 et 2009, la vente de plants en France métropolitaine se situerait aujourd'hui autour des 30 millions de plants contre 63 millions au début de la décennie 1990.

Les différentes données montrent une baisse générale des ventes (hors pin maritime) et par conséquent une probable diminution des surfaces plantées. En dépit d'une augmentation du nombre d'essences enquêtées, le marché repose essentiellement sur quelques essences : trois essences depuis le milieu des années 2000 (pin maritime, douglas et chêne sessile) contre six en 1992 (épicéa commun, douglas, pin maritime, chêne sessile, hêtre commun et pin laricio de Corse).

Finalement, au cours de ces 30 dernières années, différents événements ont ponctué l'évolution des plantations en France, dont : (i) la fin des aides du FFN en 1999 ; (ii) la reconstitution de la forêt française suite aux tempêtes Lothar et Martin en décembre 1999 ; (iii) la reconstitution du massif landais suite à la tempête Klaus de janvier 2009 ; (iv) et plus récemment la prise de conscience du changement climatique et de ses conséquences. Il faut ajouter à ces aléas de très grande ampleur des tendances lourdes comme l'arrêt de l'utilisation des semis de pin maritime dans le massif landais et, l'évolution de la demande de la filière, notamment en matière de ressources RGF se traduisant par un souhait de diversification des essences ou des provenances pour une meilleure adaptation aux évolutions climatiques.

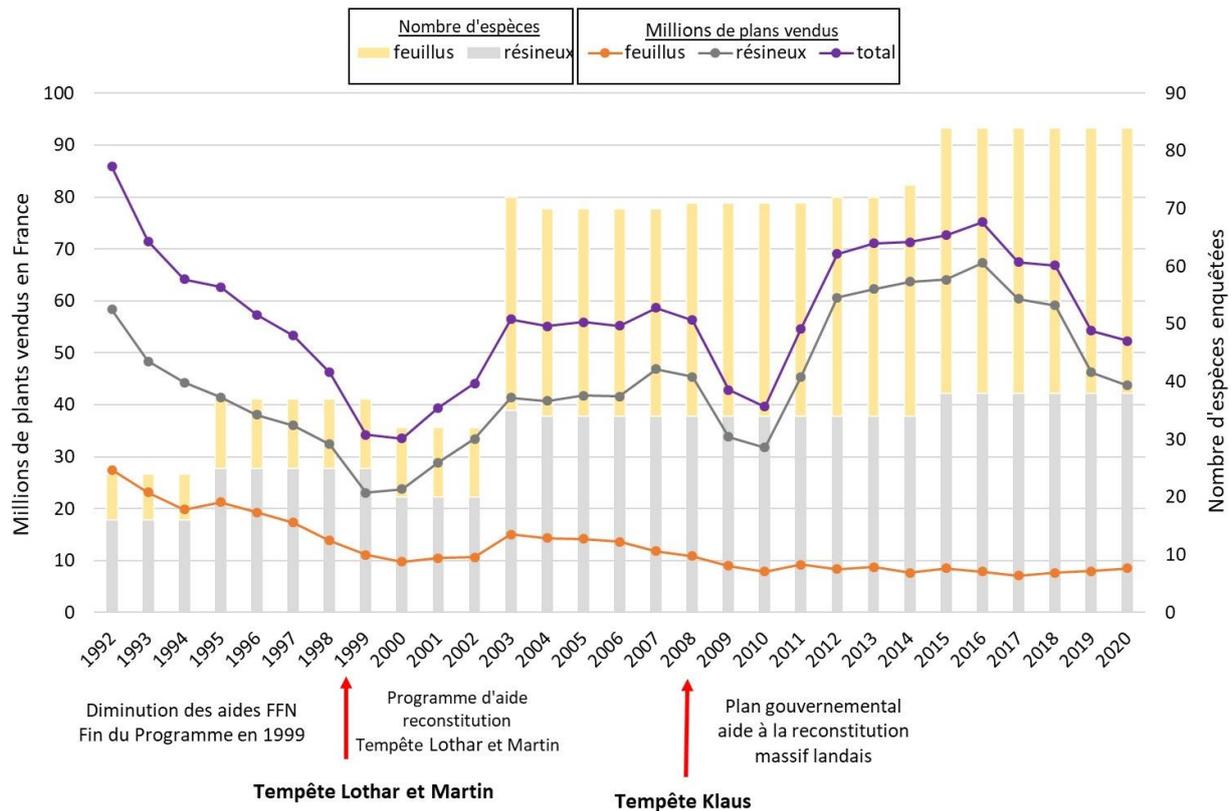


Figure 1.1-4 : Évolution de la commercialisation de plants en France de 1992 à 2020

1.4.2.1.4 Zoom sur les résineux

On peut distinguer plusieurs tendances sur le marché des plants résineux :

- l'influence du FFN** : Le FFN a très largement favorisé la plantation d'essences résineuses (75 à 91 % des surfaces plantées entre 1969 et 1985 ; de Rochebouet, 1987) avant d'ouvrir les possibilités d'utiliser les feuillus en 1974 (voir « 1.4.1 Les plantations en France depuis le XVIIe siècle : une histoire politique aux objectifs contrastés »). On observe très nettement la baisse des ventes de résineux sur les dernières années du FFN et ce jusqu'à l'arrêt des aides en 2000 (voir Figure 1.1-4 et Figure 1.1-5). Cette tendance était déjà observable dès la campagne 1975 (Roman-Amat, 1983). Entre 1992 et 2000, on a constaté des chutes notables des ventes des essences principales d'alors : - 76 % pour l'épicéa commun ; - 75 % pour le pin laricio ; - 55 % pour le douglas ;
- la dominance du marché par le pin maritime depuis le début des années 2000** : sur la période 1974-1981, les ventes de plants de pin maritime étaient très minoritaires et assimilées aux « autres résineux ». Cependant, la place du pin maritime dans les ventes de plants avant 1994 doit être relativisée car alors les boisements et reboisements se faisaient essentiellement par semis direct (Roman-Amat, 1983). Le pin maritime occupait la deuxième ou troisième place parmi le trio de tête des essences utilisées pour les surfaces reboisées entre 1969 et 1985 (de Rochebouet, 1987). À partir des années 1990, les semis directs se sont progressivement raréfiés, notamment au profit des plantations à partir des plants en motte d'un an et l'usage de variétés forestières améliorées issues des vergers à graines qui ont alors fait leur apparition. Le pin maritime domine ensuite très rapidement le marché des plants forestiers dès le début des années 2000, particulièrement suite aux plans Chablis après les tempêtes de 1999 et 2009 (Figure 1.1-5). Au plus fort de la reconstitution du massif landais en 2016, le pin maritime représentait les trois quarts des ventes de résineux. Après la fin du plan Chablis Klaus en 2018 (voir « 1.4.1 Les plantations en France depuis le XVIIe siècle : une histoire politique aux objectifs

contrastés »), les ventes de pin maritime diminuent fortement (- 40 % par rapport à 2018), mais représentent toujours la moitié des ventes de résineux.

- une **évolution de l'importance de certaines essences** sur le marché s'est produite au cours du temps. Entre 1974 et 1981, le douglas et l'épicéa étaient largement en tête des ventes (Roman-Amat, 1983), ainsi qu'entre 1992 et 1995 Figure 1.1-5) (absence de données directement utilisables entre ces deux périodes). Jusqu'au début des années 2000, plus de 75 % des plants vendus en France appartenaient à l'une des quatre essences suivantes : l'épicéa commun, le douglas, le pin maritime ou le pin laricio de Corse Figure 1.1-5). Depuis 2014, la vente des plants de résineux hors pin maritime est relativement stable – 21 millions de plants en moyenne entre 2015 et 2020 Figure 1.1-5). Cela s'explique notamment par la place du douglas qui est la deuxième essence de reboisement en France depuis 1995. Par ailleurs, l'intérêt de certaines essences, comme l'épicéa commun ou le pin laricio de Corse, a pu être remis en question, notamment suite à des problèmes sanitaires sur les peuplements (voir « 1.4.1 Les plantations en France depuis le XVIIe siècle : une histoire politique aux objectifs contrastés »). Par contre, le pin à l'encens (pin taeda) a pris une place significative dans les statistiques de plants vendus, sans doute en alternative au pin maritime dans le massif landais.

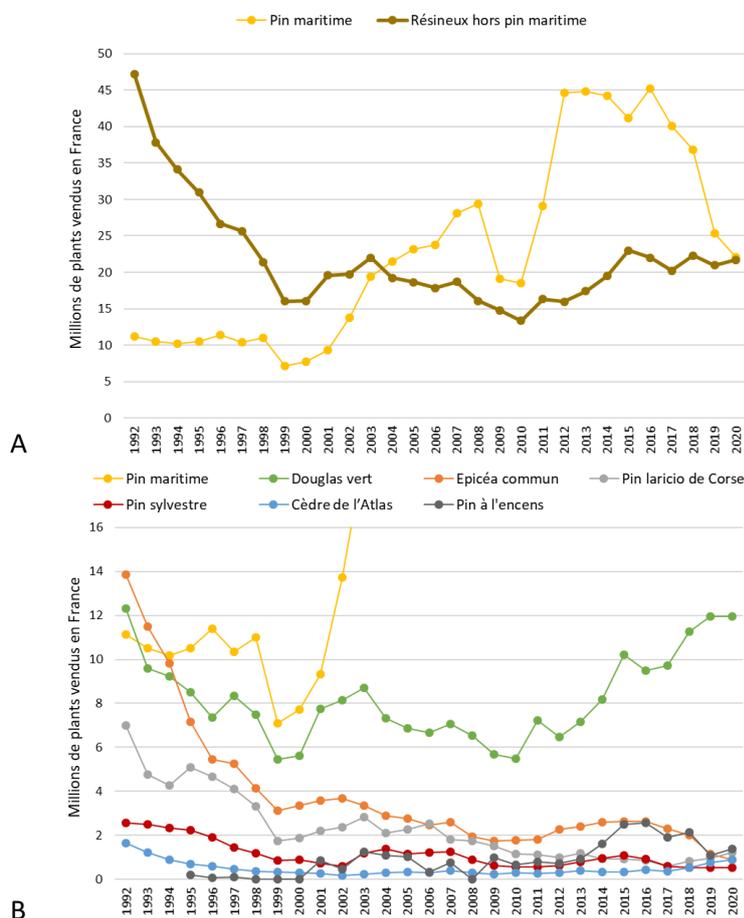


Figure 1.1-5 : Évolution de la commercialisation des principales essences résineuses. (A) pin maritime ; (B) autres essences résineuses.

1.4.2.1.5 Zoom sur les feuillus

On peut distinguer plusieurs tendances sur le marché des plants feuillus : (i) l'influence du FFN ; (ii) l'influence de la reconstruction post-tempêtes de 1999 ; (iii) la dominance du marché par le chêne sessile et l'évolution de l'importance de certaines essences. Pour rappel, le peuplier n'est pas intégré dans la présente analyse.

La commercialisation des plants feuillus est également en baisse depuis la fin du programme d'aides du FFN en 2000 (voir Figure 1.1-4 : Évolution de la commercialisation de plants en France de 1992 à 2020) : entre les campagnes 1974 et 1983, les ventes de plants feuillus avaient plus que doublé sous l'influence de l'ouverture des aides FFN aux quelques espèces feuillus (voir « 1.4.1 Les plantations en France depuis le XVII^e siècle : une histoire politique aux objectifs contrastés »). Les ventes de plants feuillus (importations incluses et exportations exclues) atteindront plus de 25 millions de plants en 1983 (Delion, 1986). Puis, entre 1992 et 2000, les ventes de plants feuillus chutent de façon importante (- 64 %) pour atteindre les 10 millions de plants pour l'année 2000 (voir Figure 1.1-4).

Une légère reprise des ventes au début des années 2000 (+ 35 %) est liée à la reconstitution des peuplements sinistrés à la tempête Lothar (Figure 1.1-6). Les ventes principalement soutenues par le chêne sessile et le hêtre, atteindront environ 15 millions de plants en 2003 (Figure 1.1-4 et Figure 1.1-6). Cette évolution s'est rapidement atténuée pour descendre progressivement en dessous des 10 millions de plants à partir de 2009 (Figure 1.1-4). Entre 2009 et 2020, les ventes de feuillus sont restées relativement stables, autour de 8 millions de plants en moyenne. Après avoir atteint en 2017 le niveau le plus bas jamais enregistré (7,1 millions de plants), les ventes sont en légère hausse (+ 21 %) entre 2018 et 2020. L'encouragement par les politiques publiques à la diversification n'est sans doute pas étranger à cette tendance. On pourra citer par exemple le Programme national de la forêt et du bois 2016-2026⁴¹⁴ et plus récemment la Feuille de route Adaptation des forêts au changement climatique 2020⁴¹⁵.

Le chêne sessile est désormais la première essence feuillue de reboisement par plantation en France. Elle représentait 30 % des plants feuillus commercialisés au début des années 1990 et près de 50 % en 2020 (Figure 1.1-6). Le hêtre a longtemps été parmi le duo de tête des essences feuillus (Delion, 1986 ; Figure 1.1-6) cependant il connaît une importante baisse depuis 2005. Entre les campagnes 1992 et 2000, le chêne pédonculé et le chêne rouge tenaient les troisième et quatrième places des ventes de feuillus tout en diminuant progressivement. D'autres espèces ont été progressivement intégrées à l'enquête nationale comme le châtaignier (en 1995) et le robinier faux-acacia (en 2003).

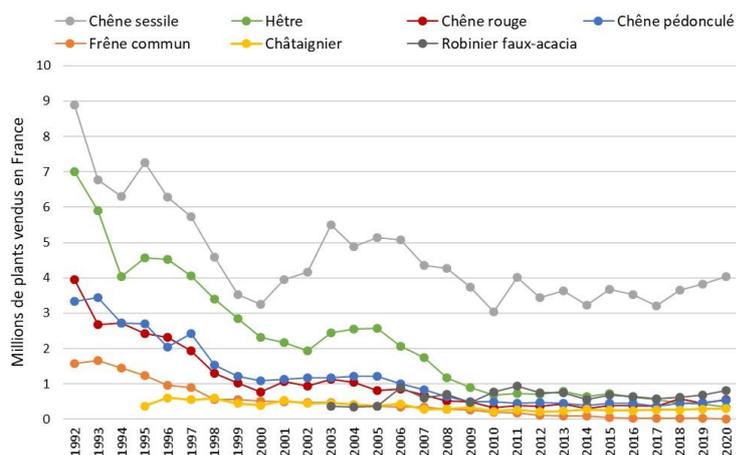


Figure 1.1-6 : Évolution de la commercialisation des principales essences feuillues

⁴¹⁴ <https://agriculture.gouv.fr/le-programme-national-de-la-foret-et-du-bois-2016-2026>

⁴¹⁵ <https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/centre-ressources/feuille-route-pour-ladaptation-des-forets-au-changement-climatique>

1.4.2.2 Estimation des surfaces plantées : des disparités géographiques et temporelles

Les sources des données utilisées dans cette partie ont été décrites dans la partie « 1.3.3 Comment estimer les surfaces plantées ? ». Pour rappel, ces données prennent en compte les peupleraies (non prises en compte dans l'analyse des ventes de plants). Une forêt à « caractère semi naturel » (opposé à « caractère planté ») ne signifie pas qu'elle ne soit pas à l'origine issue de plantation. En effet, cela peut être la conséquence d'un renouvellement par régénération naturelle d'un peuplement issu de plantation, ou un peuplement pour lequel la trame de plantation n'est plus visible suite aux éclaircies (Piton, 2021). Par ailleurs, seules les plantations réussies (densité > à 500 tiges par ha) sont prises en compte lors des relevés de l'inventaire forestier. Les chiffres annoncés de surfaces plantées sont donc sous-estimés (Du Puy *et al.*, 2017). Les modifications de protocoles de l'inventaire forestier national ne permettent pas, dans l'immédiat, d'obtenir des séries historiques antérieures à 2005. Cela serait possible pour les plantations de moins de 40 ans, mais l'étude n'a pas été menée pour le moment afin de vérifier s'il y a bien une continuité de la série temporelle ou une rupture importante. Nous proposons donc ici de n'étudier que les données postérieures à 2005.

1.4.2.2.1 Des disparités géographiques

En 2017, les forêts ayant un caractère de plantation (ou caractère planté) représentaient **13 % de la surface forestière métropolitaine** (2,1 Mha sur un total de 16,7 Mha) (Du Puy *et al.*, 2017). Si l'on exclut le peuplier, les forêts à caractère planté reposent essentiellement sur **six essences principales**, dont quatre sont des essences résineuses (pin maritime, douglas, épicéa commun, pins noirs, chênes sessile ou pédonculé) (Piton, 2021). Plus de **80 % des forêts à caractère planté sont résineuses** (1,7 Mha) (Du Puy *et al.*, 2017). Les forêts à caractère planté en mélange représentaient 330 000 ha en 2017 (Du Puy *et al.*, 2017), soit 16 % des surfaces plantées. Les mélanges les plus communs concernent des essences résineuses (sapin pectiné – épicéa commun ; douglas – épicéa commun ; sapin pectiné – douglas). Les mélanges de feuillus sont plus rares et ne représentent que 4 % (Du Puy *et al.*, 2017) des forêts à caractère planté en mélange (soit 13 200 ha).

Des **disparités** existent sur le territoire national métropolitain concernant la **répartition géographique** de ces plantations. La Figure 1.1-7 montre que les surfaces de forêts à caractère planté sont en proportions importantes dans le Massif central, le Bassin aquitain et le Nord-Ouest de la France (Piton, 2021). Cette répartition géographique s'explique à la fois par le type d'essence présentes (Piton, 2021) et par la dynamique des campagnes de plantations sur la période 2000-2018 ciblées dans certaines régions (voir « 1.4.1 Les plantations en France depuis le XVIIe siècle : une histoire politique aux objectifs contrastés ») :

- les forêts résineuses à caractère planté se concentrent à 60 % dans le Massif central et le Sud-Ouest océanique (Figure 1.1-1), ce qui s'explique par l'importance des surfaces à caractère planté en pin maritime (> 500 000 ha), en douglas (≈ 400 000 ha), en épicéa commun (≈ 300 000 ha) et en pin laricio (> 180 000 ha) (Piton, 2021). En effet, le pin maritime est très présent (en volume de bois sur pied par hectare) dans le Sud-Ouest, tandis que le douglas et l'épicéa commun le sont plus dans le Massif central et l'Est de la France (IGN, 2021) ;
- les forêts feuillues à caractère planté représentent environ 400 000 ha (Du Puy *et al.*, 2017 ; Piton, 2021). Elles se localisent principalement dans la moitié nord de la France (Figure 1.1-8), à une altitude inférieure à 800 m (Du Puy *et al.*, 2017). Après le peuplier cultivé, principale essence feuillue plantée (> 150 000 ha), la seconde essence feuillue est le chêne sessile (< 50 000 ha) (Du Puy *et al.*, 2017).

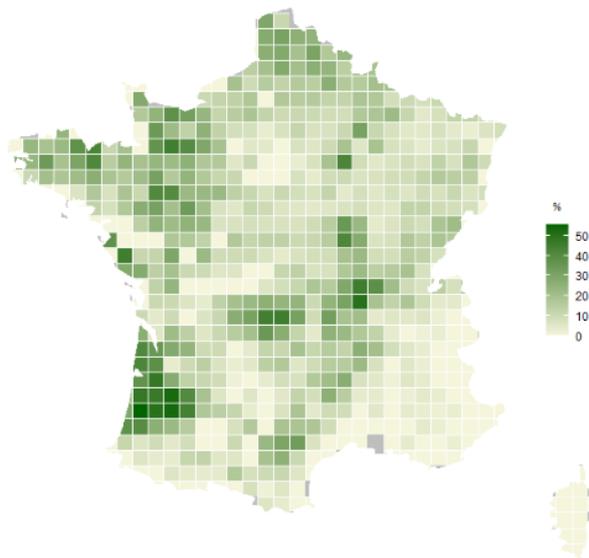


Figure 1.1-7 : Carte par maille de la proportion de forêts présentant un caractère planté : dans chaque maille de 35km de côté, la surface de forêt présentant un caractère planté est rapportée à la surface totale de forêt de production, données 2007-2018 (source : Piton, 2021)

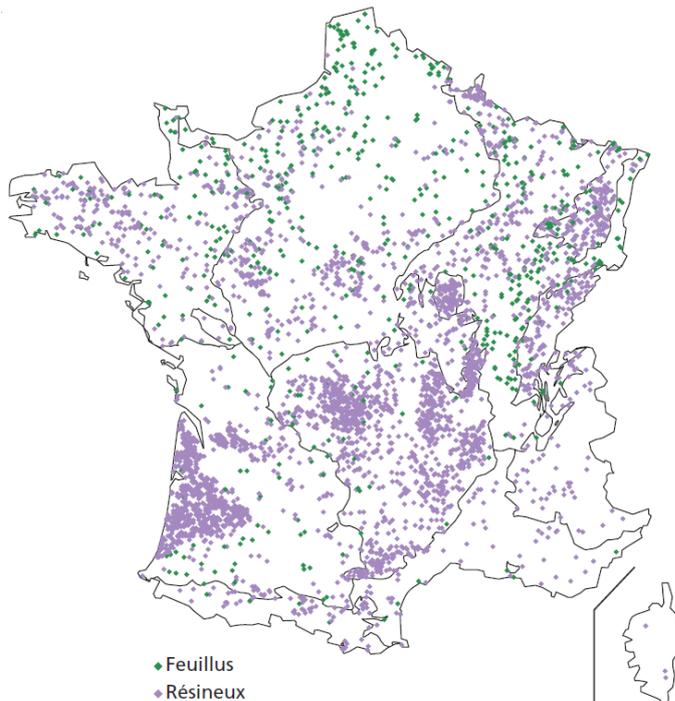


Figure 1.1-8 : Localisation des forêts à caractère planté par groupe d'essence (source : Du Puy *et al.*, 2017)

1.4.2.2.2 Des disparités temporelles

Sur la période du FFN (1946-1999) des données sur les surfaces plantées annuellement sont disponibles. Toutefois, les surfaces plantées sont en réalité supérieures car une partie s'est fait sans recours aux aides publiques.

Les surfaces mises en boisement par le FFN concernent les extensions forestières (boisement de landes ou de terres abandonnées par l'agriculture). Les surfaces de reboisement aidées par le FFN concernent certaines plantations forestières (de renouvellement artificiel ou de transformation) ainsi que la reconstitution forestière. Le reboisement représentait environ 60 % des plantations (de Rochebouet, 1987 ; Legay et Le Boulter, 2014 ; Du Puy *et al.*, 2017). Sur la période du FFN, on observe une fluctuation sur les surfaces aidées annuellement par le FFN (Figure 1.1-9) :

- une **moyenne de 55 000 ha/an entre 1949 et 1967** avec un pic de près de **70 000 ha/an en 1949** ;
- une **décroissance continue entre 1967 et 1999** pour finir en dessous de **20 000 ha/an en 1999**, dernière année du FFN.

La diminution progressive des surfaces plantées dans le cadre des aides du FFN peut s’expliquer par plusieurs crises qui ont frappé la France (événements de mai 1968 qui déstabilisent l’État ; crise de la filière bois en 1983 ; crise économique de 1993 affectant la filière bois), la raréfaction des surfaces à boiser, et enfin la modification des modalités d’aides du FFN et du budget de l’État à partir 1970 (Legay et Le Bouler, 2014 ; Du Puy *et al.*, 2017).

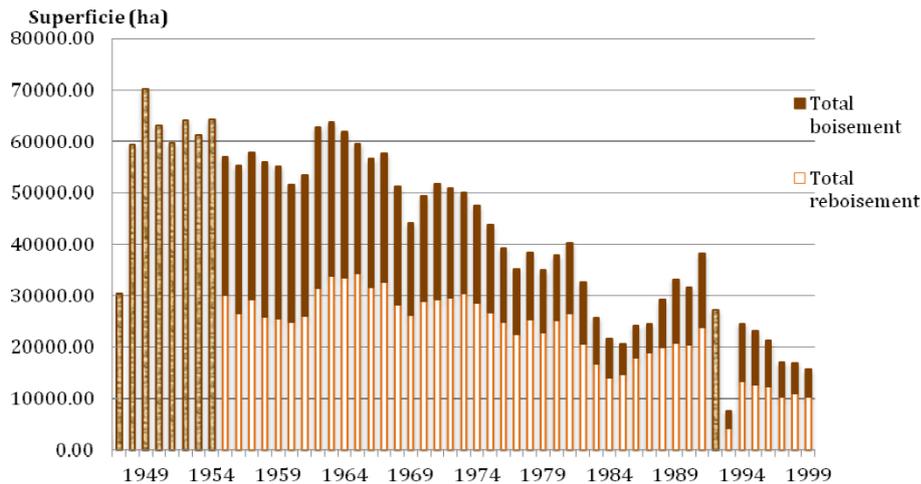


Figure 1.1-9 : Superficies de plantation aidées par le FFN entre 1947 et 1999 (source : Legay et Le Bouler, 2014). Le détail des années 1947 à 1954 est manquant car les rapports annuels ne mentionnent pas de distinctions entre le boisement et le reboisement.

Si l’on s’intéresse à présent aux surfaces plantées pour la période 2000-2020 nous n’avons pas trouvé de données complètes à ce sujet dans la bibliographie. Toutefois, les relevés de l’inventaire forestier permettent d’estimer des surfaces plantées annuellement pour la période 2008-2020 (Figure 1.1-10). Les surfaces mentionnées ci-dessous sont à prendre avec précaution car il y a un intervalle de confiance compris entre 25 % et 31 % selon les années. Malgré les incertitudes, ces données permettent d’avoir une idée des surfaces plantées annuellement. En moyenne sur la période 2008-2020, ce sont 40 000 ha/an à caractère planté de moins de 5 ans qui sont recensés par l’inventaire forestier. On remarque par ailleurs que l’évolution des surfaces semble suivre l’évolution des ventes de plants avec environ deux ans de « retard ». Étant donné le protocole d’échantillonnage de données, cela semble cohérent et ce laps de temps correspond au délai moyen entre l’année de plantation réelle et la campagne de l’inventaire forestier dans laquelle elle sera recensée. Si elles ne sont pas au même niveau que pendant l’âge d’or du FFN (> 60 000 ha/an), elles sont malgré tout reparties à la hausse suite aux tempêtes de 1999 et 2009. Ainsi, la moyenne de la dernière décennie correspond au double des surfaces plantées à la fin des années 1990 dans le cadre du FFN.