

L'ÉPICÉA WALLON: ÉTAT DE LA RESSOURCE EN 2021

par P. Lejeune, A. Michez, J. Perin, A. Gilles, N. Latte, G. Ligot, J. Lisein, H. Claessens
TERRA Teaching and Research Center (Forest is Life) Gembloux Agro-Bio Tech – Université de Liège

1. INTRODUCTION

L'épicéa est la première essence de production de la forêt wallonne. En 1980, la surface de la pessière culminait à presque 200.000 ha, soit 40% de la forêt wallonne (Rondeux et al., 1984). À ce titre, l'épicéa fait logiquement l'objet d'une attention soutenue de la part de la filière de première transformation.

A l'échelle de la région, la ressource est très largement (à plus de 95%)

constituée de plantations pures équiennes (Alderweireld et al., 2015). Elle montre une structure démographique déséquilibrée résultant notamment des vagues de plantations importantes réalisées sur d'anciennes terres agricoles à la fin des années 1950 et au début des années 1970 lors de l'installation de pessières de seconde génération. Ces peuplements sont ainsi progressivement arrivés à maturité

au cours des deux dernières décennies, entraînant un rythme de coupes rases soutenu de l'ordre de 3.000 ha/an. Sur cette même période, un relativement faible taux de replantation des pessières (Latte et al., 2016) a mené à une réduction sensible de la surface de la pessière qui ne couvrait déjà plus que 140.000 ha en 2010 (Alderweireld et al., 2015).

Résumé

La surface de la pessière wallonne a diminué de 30 % entre 1980 et 2010. L'exploitation d'un grand nombre de peuplements arrivés à maturité ces deux dernières décennies et un faible taux de replantation expliquent cette tendance.

La crise des scolytes que nous avons connue ces dernières années, si elle a accentué la pression sur la ressource en épicéa, n'a pas modifié significativement la tendance.

L'objet de cet article est de présenter une image aussi fidèle et actualisée que possible de la ressource en épicéa au niveau de la Wallonie (surfaces, volumes récoltés, volumes sur pied, classes de circonférence, types de propriétaire, niveau d'aptitude stationnelle).

Les résultats présentés proviennent du croisement de plusieurs travaux de recherches développés par l'équipe de Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège).

Samenvatting

Het areaal aan Waalse sparrerbossen is met 30% afgenomen tussen 1980 en 2010. Dit komt doordat in de laatste twee decennia een groot aantal volgroeiende bestanden werd gekapt en er weinig opnieuw werd aangeplant.

De crisis van de letterzetter die we de voorbije jaren hebben gekend mag dan al meer druk hebben gezet op het aandeel aan fijnsparren, het heeft deze trend niet echt veranderd.

De bedoeling van dit artikel is om u een zo getrouw en actueel mogelijk beeld te schetsen van de voorraad fijnsparren in Wallonië (oppervlakten, geoogste volumes, omvang van de staande houtvoorraad, omtrekcategorieën, soorten eigenaar, niveau van geschiktheid voor de site).

De erin gepresenteerde resultaten werden verzameld uit de verschillende onderzoeken uitgevoerd door het team van Gembloux Agro - Bio Tech (Universiteit van Luik).



© Catalin

Plus récemment, les attaques de scolytes qui frappent l'Europe depuis 2016 n'ont pas épargné la Wallonie. En effet, depuis 2018, des surfaces importantes ont été affectées, accentuant encore la pression sur la ressource en épicéa en Wallonie. Si cette crise des scolytes semble toucher à sa fin, notamment grâce à l'été très pluvieux que nous avons connu en 2021, il apparaît néanmoins important d'établir un diagnostic aussi précis que possible de notre ressource en épicéa au sortir de cette période mouvementée.

L'objet de cet article est de présenter une image aussi fidèle et actualisée que possible de la ressource en épicéa au niveau de la Wallonie à l'aide des derniers développements méthodologiques. Les résultats qui y sont détaillés proviennent du croisement de plusieurs travaux de recherches développés par l'équipe de Gembloux Agro-Bio Tech dans le cadre du Plan quinquennal de Recherches forestières.

2. SOURCES DE DONNÉES

Deux sources principales de données ont été utilisées dans cette analyse : les données de l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières de Wallonie (IPRFW) et les données de différentes cartes thématiques produites au départ de données de télédétection.

2.1. IPRFW

L'IPRFW est constitué d'un réseau de placettes d'échantillonnage installées systématiquement sur le terrain. Ce réseau de placettes est très précieux pour quantifier et caractériser la ressource forestière. Néanmoins, il ne permet pas, à lui seul, d'étudier l'évolution de la ressource forestière sur des pas de temps de moins de 10 ans, étant donné le temps nécessaire à la mesure d'un nombre statistiquement représentatif de placettes. Il est ainsi généralement admis qu'entre 5 et 10 années de mesures sont nécessaires pour pouvoir fournir une estimation raisonnablement précise des stocks sur pied par essence. Certaines placettes n'ont en outre plus été revisitées sur le terrain depuis 1994.

Afin de pallier à cette difficulté, depuis 2013, les placettes de ce réseau font l'objet d'une analyse régulière par photo-interprétation sur des images aériennes (ortho-images) produites par le Service public de Wallonie. Cette photo-interprétation permet notamment d'identifier la réalisation de coupes rases dans les peuplements échantillonnés (Lejeune et al., 2013). Cette approche ne permet malheureusement pas d'étudier l'évolution très récente de la ressource forestière. Elle est en effet contrainte par la disponibilité d'ortho-images. Ainsi les ortho-images les plus récentes et disponibles à la fin de l'année 2021 dataient d'avril 2020.

En outre, des modèles de simulations (Perin et al. 2021) sont également utilisés pour synchroniser et mettre à jour les données d'inventaire et pour prédire l'évolution de la ressource dans un futur proche. Ces modèles permettent de prédire l'évolution de peuplements (accroissement, réalisation de coupes, plantation) au cours du temps en fonction de différentes caractéris-

tiques (âge, productivité, type de propriétaire, ...). Ils ont néanmoins été construits à partir de données antérieures et leur validité dépend donc du maintien des conditions d'évolution passées (scénario « business as usual »). La fiabilité de ces simulations devient ainsi incertaine en situation de crise telle que rencontrée dans la pessière wallonne depuis 2018.

2.2. CARTES THÉMATIQUES DÉRIVÉES DE LA TÉLÉDÉTECTION

L'alternative, identifiée comme étant la plus pertinente, pour suivre au plus près l'évolution de la pessière wallonne consiste en l'utilisation d'une série de produits cartographiques dérivée des dernières avancées en matière de télédétection. Sachant que les informations souhaitées concernent non seulement l'évolution des surfaces couvertes en épicéa, mais également une estimation des volumes sur pied, la démarche mise en place repose sur des produits cartographiques développés très récemment dans le cadre de recherches menées à Gembloux Agro-Bio Tech :

- **Cartographie des principaux types de peuplements** : cette carte décrit la composition des peuplements tels qu'ils se pré-

sentaient en 2018 et permet notamment de mettre en évidence les peuplements à base d'épicéa. Cette carte est basée sur des images satellites à 2,5 m de résolution. Elle ne prend pas en compte les jeunes plantations (hauteur < 5 m).

- **Cartographie des coupes rases (> 0,1 ha) au sein des peuplements d'épicéa** : cette carte présente la particularité de pouvoir être mise à jour sur une base mensuelle.

En outre, elle s'appuie directement sur la précédente puisqu'elle ne considère que les coupes réalisées au sein des peuplements d'épicéa que celle-ci délimite.

- **Cartographie des coupes sanitaires réalisées au sein des peuplements d'épicéa** : cette carte se surimpose à la précédente pour différencier l'état sanitaire des arbres préalablement à leur récolte. La fréquence de mise à jour de cette carte est annuelle.

- **Cartographie dendrométrique des peuplements d'épicéa** : ces cartes permettent notamment d'estimer la hauteur dominante et le volume par ha en tout point des zones forestières du territoire.

Les valeurs qu'elles contiennent sont dérivées de modèles statistiques qui, eux-mêmes, exploitent

des cartes de hauteur de la végétation produites par photogrammétrie. La mise à jour de ce type de carte peut s'envisager sur une base annuelle.

L'approche cartographique retenue combine donc plusieurs sources d'information, chacune étant potentiellement entachée d'erreur ou de biais. Cependant, l'estimation précise de ces sources d'incertitudes est souvent complexe, dans la mesure où elle nécessite de disposer de sources de données complémentaires et indépendantes qui ne sont pas toujours disponibles pour les dates considérées. Néanmoins, chaque fois que cela a été possible, différentes sources de données ont été confrontées pour tenter d'estimer les niveaux de précision ou d'exactitude des données utilisées.

3. RÉSULTATS

3.1. ÉVOLUTION DES SURFACES RÉCOLTÉES

La figure 1 présente l'évolution des surfaces récoltées en mises à blanc d'épicéa depuis 2004. Les courbes bleues sont dérivées de la photo-interprétation des ortho-images sur le réseau de placettes de l'IPRFW. Les courbes en pointillés traduisent l'incertitude liée à l'échantillonnage

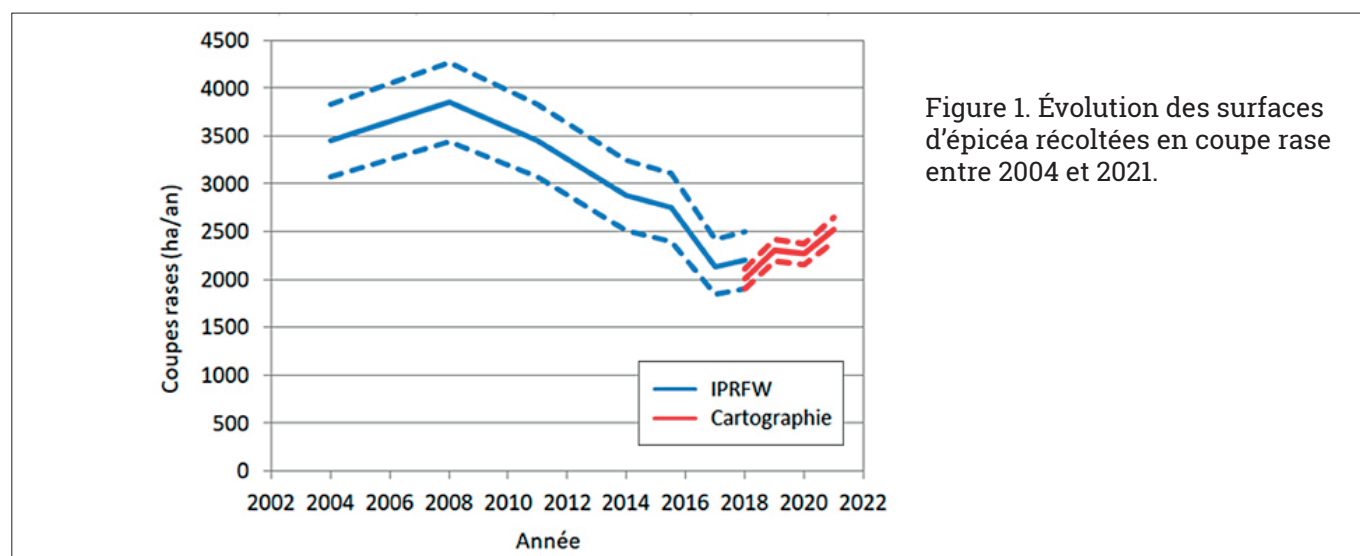


Figure 1. Évolution des surfaces d'épicéa récoltées en coupe rase entre 2004 et 2021.

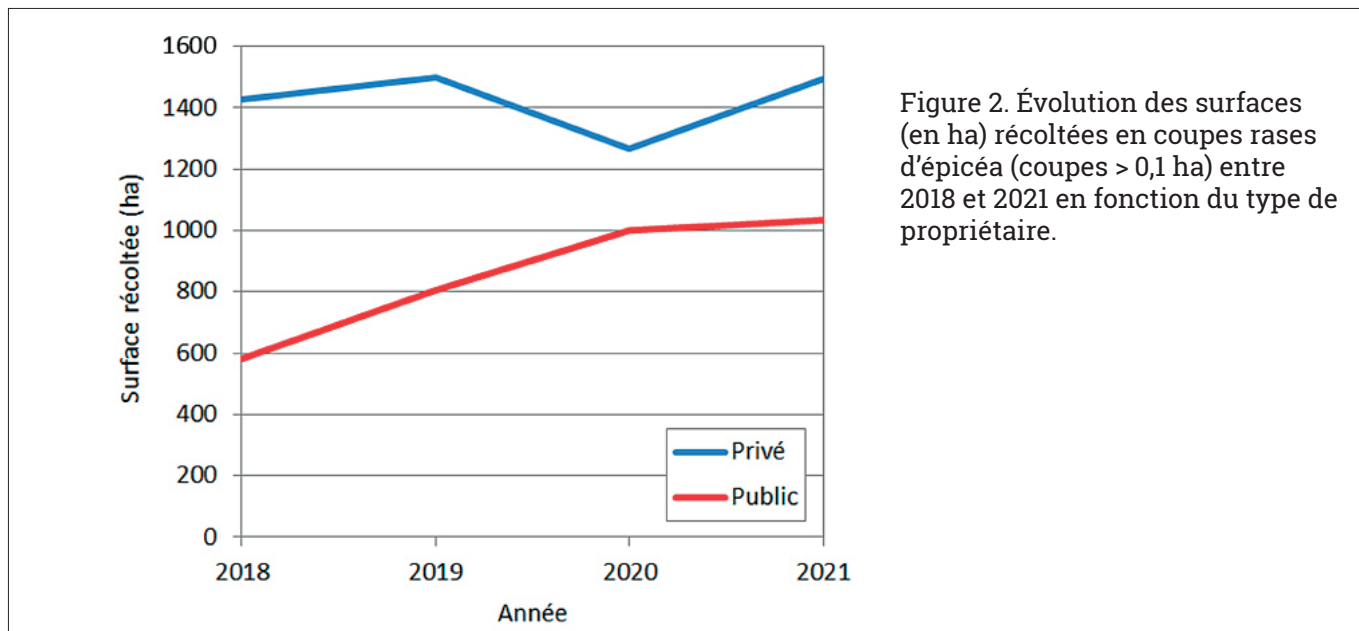


Figure 2. Évolution des surfaces (en ha) récoltées en coupes rases d'épicéa (coupes > 0,1 ha) entre 2018 et 2021 en fonction du type de propriétaire.

Tableau 1. Évolution des surfaces (en ha) récoltées en coupes rases d'épicéa (coupes > 0,1 ha) en fonction du type de propriétaire.

| Année | Privé | Public | Total |
|---------|-------|--------|-------|
| 2018 | 1426 | 580 | 2006 |
| 2019 | 1497 | 804 | 2301 |
| 2020 | 1268 | 998 | 2266 |
| 2021 | 1493 | 1032 | 2526 |
| Moyenne | 1421 | 854 | 2275 |
| Total | 5684 | 3415 | 9098 |

présence d'arbres scolytés a été détectée ou non sur les ortho-images. Il apparaît que la proportion de surfaces « scolytées » est moins importante dans les récoltes réalisées en forêt privée (28 %) qu'en forêt publique (45%).

3.2. ÉVOLUTION DES SURFACES D'ÉPICÉA ENTRE 2018 ET 2021

Si l'estimation des surfaces récoltées au sein des pessières pose peu de problèmes méthodologiques, il n'en va pas de même lorsqu'il s'agit d'estimer les surfaces totales couvertes par cette essence. La difficulté principale réside dans l'estimation des surfaces récemment plantées : la carte des types de peuplements n'est pas adaptée pour décrire correctement les jeunes peuplements (hauteur < 5 m). En outre, le simulateur qui est couplé aux données de l'inventaire prédit des rythmes de plantation et des choix d'essence qui reproduisent les tendances moyennes observées au cours de la période 2006-2015.

Face à ces difficultés, nous nous sommes limités à fournir une évaluation approximative des surfaces couvertes en épicéas en croisant les différentes sources de données

(1 placette de 10 ares représente 50 ha de forêt). Les courbes rouges sont issues de la cartographie des coupes rases réalisées sur les images satellitaires entre 2018 et 2021. Les courbes en pointillé rouge traduisent une incertitude de 5 % qui est une estimation conservatoire de la précision des cartes utilisées.

A noter que les chiffres de 2021, basés sur des observations s'arrêtant en novembre 2021, sont assortis d'une extrapolation (facteur de 12/11) pour couvrir l'ensemble de l'année 2021 et les rendre ainsi comparables à ceux des années précédentes.

On constate que le pic de récolte observé entre 2006 et 2009 (3.850 ha/an) a été suivi d'une phase de diminution continue jusqu'en 2017 (2.100 ha/an). Les années 2018 à 2021 ont ensuite connu un rebond.

Celui-ci est présenté en détail dans le tableau 1.

Le tableau 1 et la figure 2 présentent l'évolution des surfaces récoltées en coupes rases entre 2018 et 2021, ventilées par type de propriétaire. Il est intéressant de noter les différences d'évolution entre propriétaires privés et publics, représentant respectivement 54 % et 46 % de la ressource : le rythme de récolte est relativement constant pour les propriétaires privés au cours des quatre dernières années (environ 1.400 ha/an). Il a connu par contre une progression importante entre 2018 (moins de 600 ha) et 2021 (plus de 1.000 ha) dans les forêts publiques.

La figure 3 et le tableau 2 (voir page suivante) présentent pour leur part, la ventilation par type de propriétaire des surfaces récoltées, selon que la

Tableau 2. Ventilation des surfaces récoltées (en ha) par type de propriétaire et par statut (scolyté ou non scolyté).

| Année | Privé | | | Public | | |
|-------|---------------|------------|-------|--------------|------------|-------|
| | Non scolytés | Scolytés | Total | Non scolytés | Scolytés | Total |
| 2018 | 1421 (99.7 %) | 5 (0.3%) | 1426 | 578 (99.7%) | 2 (0.3%) | 580 |
| 2019 | 1005 (67 %) | 492 (33%) | 1497 | 460 (57%) | 643 (43%) | 803 |
| 2020 | 595 (47%) | 673 (53%) | 1268 | 302 (30%) | 696 (70%) | 998 |
| 2021 | 1097 (73%) | 396 (27%) | 1493 | 538 (52%) | 494 (48%) | 1032 |
| Total | 4118 (72 %) | 1566 (28%) | 5684 | 1878 (55%) | 1535 (45%) | 3413 |

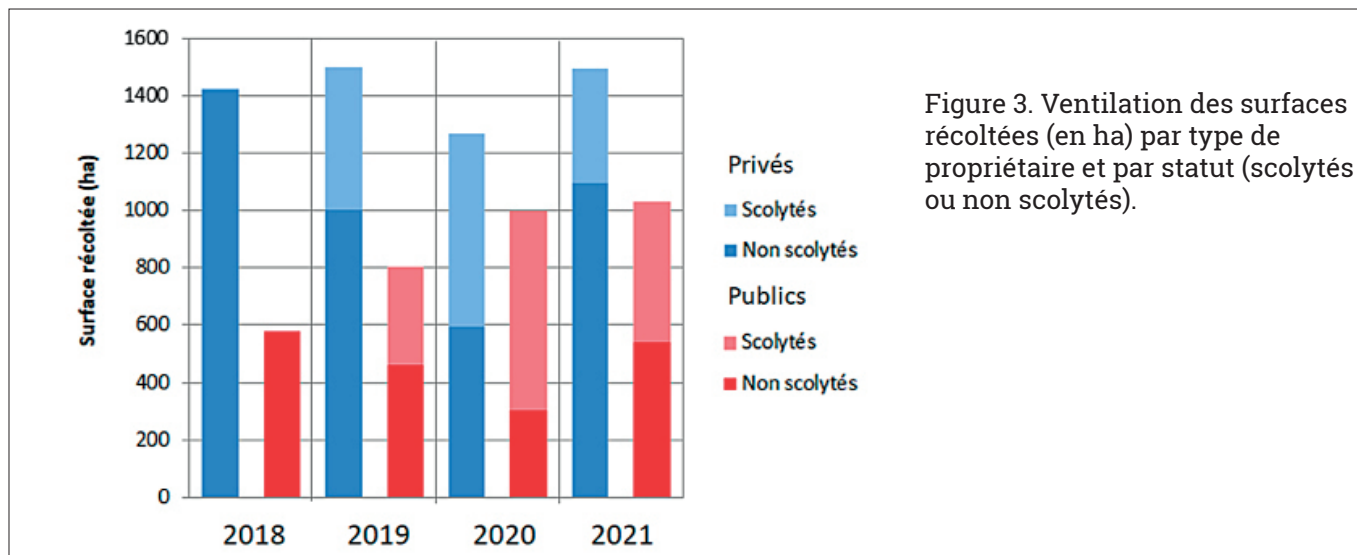


Tableau 3. Évolution des surfaces couvertes d'épicéa en forêt wallonne entre début 2018 et fin 2021 en fonction du type de propriétaire (en milliers d'ha).

| Date | Privé | Public | Total |
|------------|----------------|----------------|-------------------|
| Début 2018 | 73 (69 - 77) | 60.5 (57 - 64) | 133.5 (126 - 141) |
| Fin 2021 | 68.5 (65 - 72) | 57.5 (54 - 61) | 126 (119 - 133) |

Tableau 4. Estimation des volumes d'épicéa sur pied au 1^{er} janvier 2018 (x 1000 m³) : ventilation par type de propriétaire et par province.

| Province | Volume sur pied (x 1000 m ³) | | |
|----------------|--|--------|-------|
| | Privé | Public | Total |
| Brabant Wallon | 94 | 6 | 100 |
| Hainaut | 629 | 117 | 746 |
| Liège | 6155 | 10301 | 16456 |
| Luxembourg | 13277 | 9426 | 22703 |
| Namur | 3223 | 2344 | 5567 |
| Total général | 23378 | 22194 | 45572 |
| | 51,30% | 48,70% | |

Tableau 5. Estimation des volumes d'épicéa récoltés entre 2018 et 2021 (x1000 m³) ventilés par type de propriétaire.

| Année | Volumes récoltés (x 1000 m ³) | | |
|-------|---|--------|-------|
| | Privé | Public | Total |
| 2018 | 701 | 303 | 1004 |
| 2019 | 729 | 425 | 1154 |
| 2020 | 654 | 559 | 1213 |
| 2021 | 711 | 537 | 1248 |
| Total | 2795 | 1824 | 4619 |

dont nous disposons (simulations basées sur l'IPRFW et cartographie). Ces estimations sont présentées dans le tableau 3.

On arrive à la conclusion que la surface totale couverte par l'épicéa est passée de 133.500 ha début 2018 à 126.000 ha à la fin de 2021. La répartition entre types de propriétaire est restée inchangée avec respectivement 54 % et 46 % en forêts privée et publique.

3.3. ESTIMATION DES VOLUMES SUR PIED ET DES VOLUMES RÉCOLTÉS

Le tableau 4 dresse une première évaluation des volumes sur pied au début de l'année 2018, c'est-à-dire avant le démarrage de la crise du scolyte. Le volume de bois sur pied est alors estimé à **45,4 millions de m³**, répartis de manière plus ou moins équivalente entre propriétaires privés (51,3 %) et publics (48,7 %).

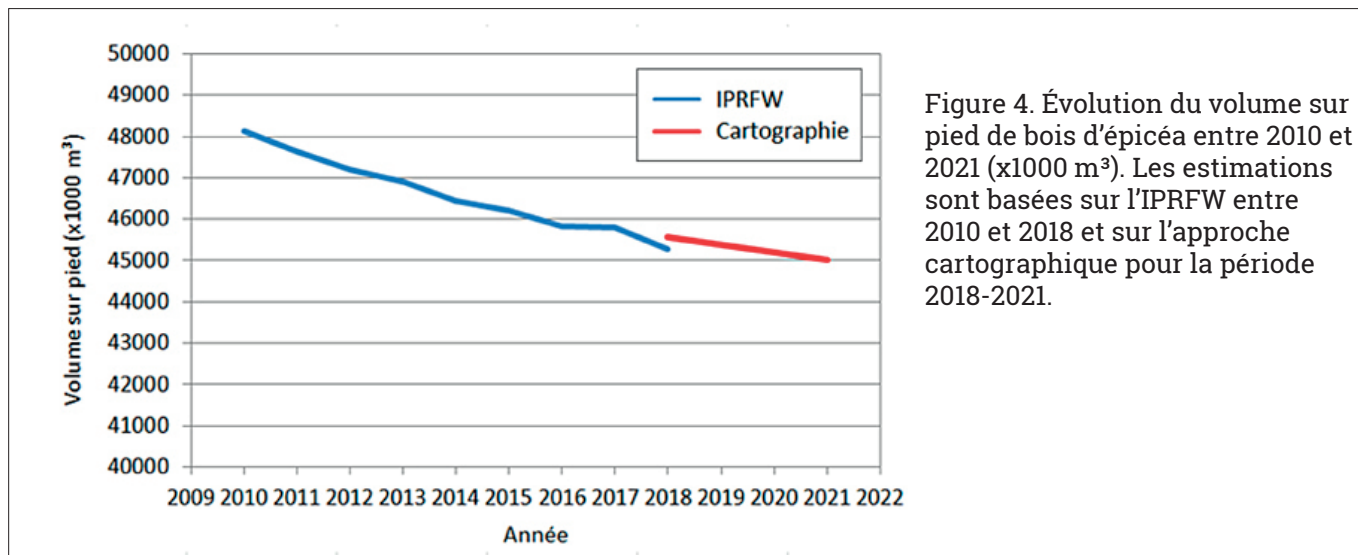


Figure 4. Évolution du volume sur pied de bois d'épicéa entre 2010 et 2021 (x1000 m³). Les estimations sont basées sur l'IPRFW entre 2010 et 2018 et sur l'approche cartographique pour la période 2018-2021.

Tableau 6. Répartition par classes de circonférence des volumes d'épicéa sur pied (x1000 m³) en fonction du type de propriétaire : situation à la fin de l'année 2021

| Classes marchandes | Volume sur pied (x 1000 m ³) | | | Répartition Privé / Public |
|--------------------|--|---------------|---------------|----------------------------|
| | Privé | Public | Total | |
| < 70 cm | 5898 (26 %) | 3726 (17 %) | 9624 (21 %) | 61 % / 39 % |
| 70 - 90 cm | 4663 (20 %) | 3481 (16 %) | 8144 (18 %) | 57 % / 43 % |
| 90 - 120 cm | 6417 (28 %) | 6361 (28 %) | 12778 (28 %) | 50 % / 50 % |
| 120 - 150 cm | 3768 (17 %) | 5093 (23 %) | 8860 (20 %) | 43 % / 57 % |
| 150 cm et + | 2053 (9 %) | 3560 (16 %) | 5613 (13 %) | 37 % / 63 % |
| Total | 22799 (100 %) | 22221 (100 %) | 45020 (100 %) | 51 % / 49 % |

Cette estimation issue de l'approche cartographique a pu être comparée avec celle qui découle des données de l'IPRFW et des simulations associées (référence jugée valable pour cette période pré-crise). La différence globale entre les deux approches est d'à peine 0,3 % (300.000 m³), ce qui conforte la pertinence de l'approche cartographique proposée.

Le tableau 5 relate, pour sa part, l'évolution des récoltes de bois sous forme de coupes rases (surface > 0,1 ha) entre 2018 et 2021, ces volumes étant à nouveau ventilés par type de propriétaire.

Pour estimer le volume sur pied à la fin de l'année 2021, il convient de combiner les données décrivant la situation au début de l'année 2018 (tableau 4) avec celles de prélèvements réalisés entre 2018 et 2021 (tableau 5). Pour que cette estimation soit correcte, il faut également prendre en compte les accroisse-

ments et les coupes d'éclaircies (y compris les coupes sanitaires de moins de 0,1 ha qui n'ont pas été cartographiées) enregistrés durant cette même période. Ne disposant pas d'informations précises sur ces deux dernières composantes, l'accroissement net (accroissement diminué des prélèvements en éclaircie) a été estimé à 7,5 m³/ha/an en utilisant les modèles ajustés sur les données de l'IPRFW. L'intégration de ces éléments amène à estimer le volume sur pied de bois d'épicéa à **45 millions de m³**, avec une répartition assez uniforme entre les propriétaires privés (50,6 %) et publics (49,4 %).

La figure 4 montre que les estimations de volume sur pied réalisées par voie cartographique pour la période «2018-2021» suivent globalement la tendance à la diminution décrite sur base des données de l'IPRFW entre 2010 et 2018.

Le tableau 6, ainsi que la figure 5 (voir page suivante), donnent une idée de la répartition par classes de circonférence des volumes actuellement sur pied (fin 2021) et des prélèvements au cours des quatre dernières années en fonction du type de propriétaire.

La ressource mobilisable par la première transformation est actuellement de 14,4 millions de m³ si l'on considère les bois de 120 cm et plus. Cela représente 1/3 du volume sur pied. Ce chiffre monte à 27,3 millions de m³ (61 % de la ressource totale) si l'on ajoute les bois de la classe 90 - 120 cm. La répartition entre types de propriétaire montre que si les bois de grosse dimension sont majoritairement situés en forêt publique (63 % pour les plus de 150 cm), la tendance s'inverse pour les bois de petite dimension (39 % des moins de 70 cm sont en forêt publique). Ce constat traduit à la fois un terme d'exploitabilité en moyenne

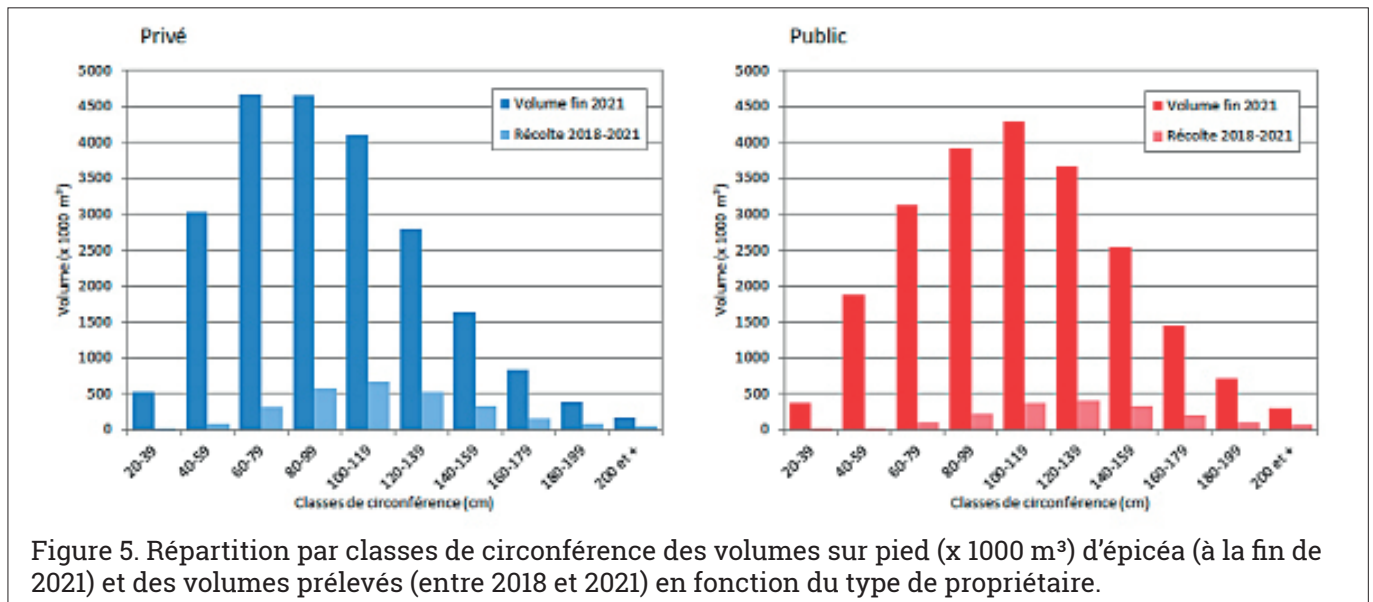


Figure 5. Répartition par classes de circonférence des volumes sur pied (x 1000 m³) d'épicéa (à la fin de 2021) et des volumes prélevés (entre 2018 et 2021) en fonction du type de propriétaire.

plus élevé en forêt publique, mais également un effort de plantation plus soutenu en forêt privée au cours des dernières décennies.

3.4. NIVEAU D'APTITUDE STATIONNELLE DES PEUPEMENTS D'ÉPICÉA

Pour terminer cette analyse de l'état de la ressource en épicéa, il nous a paru intéressant d'évaluer le niveau d'aptitude des pessières à leur station à partir de la carte d'aptitude disponible dans FORESTIMATOR (<https://forestimator.gembloux.ulg.ac.be/cartographie>). Celle-ci est une traduction cartographique des critères d'évaluation de l'aptitude selon le Fichier écologique des essences. Cette analyse a été réalisée en considérant d'une part les pessières recensées lors du premier cycle de l'IPRFW (1994-2007) et, d'autre part, la situation observée fin 2021. Ces résultats sont présentés dans le tableau 7.

On observe ainsi que la ressource actuelle est constituée à 63 % de pessières en adéquation optimale à leur station, pour 16 % en tolérance et 21 % en exclusion. Cette situation a peu évolué entre 2020 et 2021, avec une augmentation de 2 % des adéquations optimales.

À nouveau, il faut souligner que cette proportion des pessières en situation optimale est sans doute sous-estimée dans la mesure où les jeunes plantations sont sous-représentées dans la carte des types de peuplements. Or les nouvelles plantations sont très majoritairement réalisées en situation optimale.

Toutefois, une analyse plus approfondie est en cours pour évaluer l'évolution de cette adéquation au cours du temps, notamment en tenant compte de l'évolution du climat. En effet, compte tenu de l'autécologie de l'épicéa, plutôt liée aux climats froids, les niveaux d'adéquation sta-

tionnelle de l'épicéa de basse altitude seront probablement à réévaluer.

4. CONCLUSIONS

La surface de la pessière ne cesse de diminuer depuis la fin du 20^e siècle où elle culminait à 200.000 ha. Elle est estimée actuellement à 126.000 ha. Même si la crise des scolytes a donné lieu à des situations locales parfois assez extrêmes, on constate que, à l'échelle de la région, elle ne semble pas avoir eu d'effet significatif sur l'évolution de la ressource en épicéa, que ce soit en termes de surfaces ou de volumes de bois sur pied.

Même si l'on observe un rebond des surfaces mises à blanc depuis 2019, le rythme actuel des coupes n'est pas comparable à celui du début des années 2000 (de l'ordre de 3.500 ha/an), qui était surtout conditionné par l'arrivée à maturité des peuplements issus de la vague de plantations du milieu du 20^e siècle.

Dans son état actuel, la ressource potentiellement mobilisable sous forme de sciages (90 cm et plus) reste importante, à hauteur de 27,3 millions de m³. Si les gros bois sont un peu plus présents en forêt publique (60 % des 120 cm et +), les

Tableau 7. Évolution de la répartition des peuplements d'épicéa (en %) par classe d'aptitude selon les critères du FEE.

| Niveau d'aptitude | Surface (%) | | | | | |
|-------------------|-------------|------|--------|------|-------|------|
| | Privé | | Public | | Total | |
| | 2000 | 2021 | 2000 | 2021 | 2000 | 2021 |
| Optimum | 61% | 63% | 60% | 63% | 61% | 63% |
| Tolérance | 19% | 16% | 16% | 16% | 18% | 16% |
| Exclusion | 20% | 21% | 24% | 21% | 21% | 21% |



© Kruwt

bois de petites catégories (40 à 90 cm), qui constituent la ressource en devenir, sont principalement situés en forêt privée (60 %), traduisant un effort de replantation en épicéa plus soutenu qu'en forêt publique lors des dernières décennies.

On peut raisonnablement penser qu'après exploitation, les peuplements en situation d'exclusion ne seront pas replantés en épicéa, conformément aux recommandations en matière de choix d'essences. Ainsi, entre 2000 et 2021, la part des pessières en situation d'exclusion ou de tolérance a déjà diminué d'environ 2%. De plus, la sensibilité grandissante de l'épicéa dans le cadre des changements du climat, ainsi que la volonté actuelle de diversifier les peuplements pour une plus grande résilience des forêts, contribueront à diminuer l'importance de la pessière épicéenne en Wallonie. Une pessière ne couvrant plus que 100.000 ha de la forêt wallonne est un scénario tout à fait plausible à l'horizon 2050.

5. REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été menés avec le soutien financier du Service Public de Wallonie (Département de la Nature et des Forêts) dans le cadre du Plan quinquennal de Recherches forestières.

6. RÉFÉRENCES

- Alderweireld M., Burnay F., Pitchugin M., Lecomte H. (2015) – Inventaire forestier wallon. Résultats 1994 – 2012. SPW, DNF, Jambes, 236 p. : <http://environnement.wallonie.be/dnf/inventaire-forestier-wallon.pdf>
- Latte, N., Perin, J., & Lejeune, P. (December 2016). Évolution récente des surface forestières et de la régénération des coupes rases en Wallonie. *Forêt.Nature*, 141, 46-51.
- Lejeune, P., Alderweireld, M., Lecomte, H., & Hebert, J. (2013). Analyse de l'évolution de la surface de la forêt wallonne par interprétation d'images aériennes : un outil complémentaire à l'inventaire forestier régional. *Forêt. Nature*, (125), 27-35.
- Perin J., Pitchugin M., Hébert J., Brostaux Y., Lejeune P., Ligot G. (2021) SIMREG, a tree-level distance-independent model to simulate forest dynamics and management from national forest inventory (NFI) data. *Ecological Modelling* 440(1):109382
- Rondeux J., Lecomte H., Toussaint A. (1984) – La pessière wallonne en chiffres. *Bull. Soc. Roy. For. Belg.* 91 (3), 89-98.
- Forestimator : <https://forestimator.gembloux.ulg.ac.be/>
- Le Fichier écologique des essences : <https://www.fichierecologique.be/>