

---

## **Gestion durable d'une forêt privée ardennaise : analyse et aménagement pour la certification PEFC.**

**Auteur :** Noiset, Samuel

**Promoteur(s) :** Claessens, Hugues

**Faculté :** Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

**Diplôme :** Master en bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels, à finalité spécialisée

**Année académique :** 2024-2025

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/24213>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

**GESTION DURABLE D'UNE FORÊT PRIVÉE  
ARDENNAISE : ANALYSE ET AMÉNAGEMENT  
POUR LA CERTIFICATION PEFC**

**SAMUEL NOISET**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORETS ET DES ESPACES NATURELS**

**ANNÉE ACADÉMIQUE 2024-2025**

**PROMOTEUR : HUGUES CLAESSENS**

©Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro Bio Tech.  
Le présent document n'engage que son auteur.

# **GESTION DURABLE D'UNE FORÊT PRIVÉE ARDENNAISE : ANALYSE ET AMÉNAGEMENT POUR LA CERTIFICATION PEFC**

**SAMUEL NOISET**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORETS ET DES ESPACES NATURELS**

**ANNÉE ACADÉMIQUE 2024-2025**

**PROMOTEUR : HUGUES CLAESSENS**



## *Remerciements*

Je tiens tout d'abord à remercier la famille Bauvir, et en particulier Monsieur Jacques Bauvir, pour la confiance qu'ils m'ont accordée en me laissant réaliser le plan d'aménagement de leur propriété dans le cadre de la certification.

Je remercie également la Société Royale Forestière de Belgique, et plus particulièrement Marine Rézette et Hélène de Wouters, pour m'avoir mis en contact avec le propriétaire.

Je tiens à remercier mon promoteur, Monsieur Hugues Claessens, pour son encadrement, ses conseils avisés et ses relectures toujours constructives.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur Philippe Lejeune, pour son travail dans le traitement des données LiDAR et ses recommandations pour le cubage des peuplements.

Un grand merci à Monsieur Cédric Geerts pour son aide précieuse dans la mise en place et la réalisation de l'inventaire de terrain, ainsi qu'à Madame Pauline Cubelier pour le partage de ses données et informations sur la vulnérabilité des peuplements.

Je remercie également Monsieur Marvin Minsier de Sylvragri Consult pour ses conseils et renseignements professionnels.

Enfin, je souhaite remercier chaleureusement toutes les personnes rencontrées au cours de ces deux années passées à Gembloux, qui ont filé à toute vitesse mais resteront inoubliables.

## *Résumé*

Ce travail de fin d'études s'inscrit dans une démarche de gestion durable appliquée à une propriété forestière privée située dans les Ardennes belges. La volonté des propriétaires d'obtenir la certification PEFC implique l'élaboration d'un document simple de gestion (DSG) ou plan d'aménagement. Deux objectifs parallèles ont ainsi été développés : d'une part, évaluer les apports de l'utilisation des données LiDAR dans le cadre d'un inventaire d'aménagement, et d'autre part, analyser les méthodes de quantification des dégâts de gibier, ce dernier constituant une nouvelle exigence dans le processus de certification PEFC.

Pour répondre à ces objectifs, un inventaire de terrain a été réalisé afin de comparer les résultats avec ceux issus du LiDAR. Concernant les dégâts de gibier, des relevés ont été effectués puis analysés à la fois selon des méthodes issues de la littérature française et à l'aide de la nouvelle fiche développée par la Société Royale Forestière de Belgique (SRFB).

La dernière partie du travail est consacrée à la réalisation du plan d'aménagement, comprenant l'analyse des peuplements, les choix de gestion sylvicole, ainsi que leur opérationnalisation à travers les programmes de coupes, travaux et plantations.

Les résultats mettent en évidence l'intérêt du LiDAR pour la production d'indicateurs dendrométriques fiables, en particulier dans une perspective d'évolution vers une utilisation croissante des drones en gestion forestière. La quantification des dégâts de gibier, quant à elle, prend tout son sens lorsqu'elle est réalisée de manière répétée dans le temps, permettant d'évaluer objectivement l'évolution de la pression exercée par la faune en fonction des actions mises en œuvre.

Mots clés : Aménagement, Certification, LiDAR, Gibier, Gestion, Dégâts, Stations, SMCC.

## *Abstracts*

This master's thesis is part of a sustainable forest management approach applied to a private forest property located in the Belgian Ardennes. The owners' desire to obtain PEFC certification requires the development of a simple management document (DSG) or forest management plan. Two parallel objectives were pursued: first, to assess the contribution of LiDAR data in the context of a forest inventory for management purposes, and second, to analyze methods for quantifying game damage, the latter being a new requirement in the PEFC certification process.

To meet these objectives, a field inventory was conducted in order to compare the results with those derived from LiDAR data. In terms of game damage, field observations were analyzed using both methods found in French forestry literature and a new evaluation sheet developed by the Royal Forestry Society of Belgium (SRFB).

The final part of the work focuses on the elaboration of the forest management plan, including stand analysis, silvicultural decision-making, and the implementation of these decisions through harvesting schedules, silvicultural works, and planting proposals.

The results highlight the relevance of LiDAR data for producing reliable dendrometric indicators, particularly in view of the growing integration of drones in forest management. As for game damage quantification, its full value emerges when assessments are conducted repeatedly over time, allowing for an objective evaluation of wildlife pressure and its evolution in response to implemented management actions.

Keywords : Management, Certification, LiDAR, Game, Damage, Site Conditions, CCF.

## Table des matières

1.	Introduction .....	11
2.	Etat de l'art .....	14
2.1	Programme for the Endorsement of Forest Certifications (PEFC) .....	14
2.2	Light Detection And Ranging (LiDAR).....	15
2.3	Equilibre forêt-gibier.....	17
3.	Matériel et Méthode .....	19
3.1	Inventaire LiDAR – IFA .....	19
3.1.1	Zone d'étude .....	19
3.1.2	Données utilisées pour l'inventaire LiDAR.....	20
3.1.3	Méthode d'inventaire de terrain.....	20
3.1.4	Traitement des données .....	21
3.2	Quantification des dégâts de gibier .....	22
1.1.1	Zone d'étude .....	22
1.1.2	Dispositif d'échantillonnage.....	22
2.	Inventaire LiDAR - IFA .....	24
2.1	Résultats LiDAR.....	24
2.2	Résultats IFA.....	25
2.3	Résultats LiDAR au point GPS de l'IFA .....	26
2.4	Comparaison .....	27
3.	Equilibre forêt-gibier .....	29
3.1	Résultats méthode Brossier-Pallu / Hamard-Ballon.....	29
3.2	Résultats fiche SRFB .....	30
4.	Plan de gestion.....	31
4.1	Analyse .....	31
4.1.1	Informations générales .....	31
4.1.2	Historique .....	31
4.1.3	Parcellaire .....	31
4.1.4	Analyse stationnelle.....	38
4.2	Décisions.....	46
4.2.1	Définition des secteurs.....	46
4.2.2	Objectifs par secteurs.....	47
4.3	Opérationnalisation .....	51
4.3.1	Tableau des coupes .....	51
4.3.2	Tableau des travaux .....	52
4.3.3	Plantations .....	52
5.	Discussion .....	56



5.1	Utilisation du LiDAR en inventaire d'aménagement.....	56
5.2	Quantification des dégâts de gibier.....	56
5.3	Aménagement de la propriété.....	57
5.4	Certification PEFC.....	58
6.	Contribution personnelle.....	60
7.	Conclusion.....	60
8.	Bibliographie.....	62
9.	Annexes.....	65
9.1	Fiche d'inventaire forestier d'aménagement.....	65
9.2	Cartes d'aptitude stationnelle des essences.....	66
9.3	Carte de recommandation de plantation de l'épicéa.....	70
9.3	Normes de production en épicéa et douglas.....	70
9.4	Tableau des coupes.....	72

## Liste des figures

Figure 1 Pourcentages des surfaces certifiées PEFC selon les types de propriétaires (SPW, 2017) .....	14
Figure 2 Fonctionnement d'un laser LiDAR (Bonnet, 2014) .....	16
Figure 3 Evolution des populations d'ongulés sauvages (SPW, 2017).....	18
Figure 4 Répartition en quatre classes d'âge de la zone étudiée avec les données LiDAR .....	19
Figure 5 Répartition des types de peuplements de la zone étudiée avec les données LiDAR.....	20
Figure 6 Comparaison des volumes (a) lidar au point gps vs inventaire terrain (b) lidar vs inventaire terrain .....	28
Figure 7 Boxplot de la distribution des différences des variables dendrométriques .....	29
Figure 8 Parcellaire .....	35
Figure 9 Morcellement de la propriété .....	36
Figure 10 Répartition des types de peuplements (gauche) et des essences par peuplements (droite) ...	36
Figure 11 Répartition de la surface (ha) selon les classes d'âges des peuplements .....	37
Figure 12 Pourcentage de surface de chaque classes de diamètre.....	37
Figure 13 Carte bioclimatique de la propriété.....	38
Figure 14 Données météorologiques sur la période 1991-2020 à Houffalize (IRM, meteo.be).....	39
Figure 15 Carte des types de sols rencontrés sur la propriété .....	41
Figure 17 Histogramme de la fréquence des valeurs de pixel, valeurs se reportant aux niveaux de recommandation pour l'épicéa (a) et pour le douglas (b) sur la propriété .....	43
Figure 16 Carte des stations forestières de la propriété.....	45
Figure 18 Arbre décisionnel pour l'orientation du mode de gestion sylvicole.....	46
Figure 19 Pourcentage surfacique de chaque secteur.....	47
Figure 20 Surfaces terrières objectifs avant et après éclaircie par essence (Sanchez, 2022) .....	49
Figure 21 Diamètres objectifs par essence et qualité (Sanchez, 2022).....	49
Figure 22 Schéma indicatif de la plantation de chêne rouge en bouquets (rouge) et de douglas (bleu) pour le peuplement 33, ainsi que la proposition de zone de stockage (noir).....	54
Figure 23 Schéma indicatif de la plantation de charme (orange), chêne sessile (bleu) et tilleul à petites feuilles (vert) pour le peuplement 29.....	54
Figure 24 Schéma indicatif de plantation de pin sylvestre (vert) et de cèdre de l'Atlas (bleu) pour le peuplement 28 .....	55
Figure 25 Exemple de fiche de terrain utilisée pour l'inventaire .....	65
Figure 26 Aptitude du Chêne pédonculé .....	66
Figure 27 Aptitude du Chêne sessile .....	67
Figure 28 Aptitude du Douglas .....	67
Figure 29 Aptitude de l'Epicéa .....	68
Figure 30 Aptitude du Hêtre.....	68
Figure 31 Aptitude du Mélèze du Japon.....	69
Figure 32 Recommandation de plantation de l'épicéa sur la propriété.....	70
Figure 33 Nouvelles normes de productivité en classe 2 pour l'épicéa (Perin, 2016) .....	71
Figure 34 Nouvelles normes de productivité en classe 2 pour le douglas (Perin, 2016).....	71
Figure 35 Tableau échancier des coupes sur la propriété .....	72

## Liste des tableaux

Tableau 1 Seuils de dégâts en pourcentage de la surface selon la fiche SRFB (SRFB, 2025).....	23
Tableau 2 Comparatif des méthodes de quantification de dégâts de gibier.....	23
Tableau 3 Résultats des tests de corrélation et de Student et des calculs de biais et d'erreurs quadratique moyenne, absolue moyenne et relative moyenne entre le LiDAR et l'inventaire de terrain.....	27
Tableau 4 Pourcentage de tiges atteintes par type de dégât et par essence dans le peuplement 35.....	29
Tableau 5 Pourcentage de tiges atteintes par type de dégât et par essence pour le peuplement 1.....	30
Tableau 6 Pourcentage de tiges atteintes par des dégâts de gibier pour la régénération naturelle, les plantations et les futaies par rapport à la totalité de la surface de la propriété.....	30
Tableau 7 Parcellaire reprenant le lieu-dit, la numérotation, la/les essence(s), la date de plantation et la surface de chaque peuplement.....	31
Tableau 8 Répartition en pourcentage surfacique des types de sols rencontrés.....	39
Tableau 9 Répartition en pourcentage surfacique des types de stations rencontrées.....	42
Tableau 10 Noms et codes des secteurs, numéros des peuplements et surfaces concernées.....	47
Tableau 11 Dimensions objectifs des essences concernées.....	48
Tableau 12 Synthèse de la possibilité par types de peuplements.....	51
Tableau 13 Tableau des travaux (hors coupes).....	52
Tableau 14 Essences conseillées selon les stations en Ardenne centro-orientale faiblement affectées ou « essences d'avenir » potentielles (Tossens & Claessens, 2024).....	53
Tableau 15 Analyse des coûts de plantation à partir de la mercuriale des prix des travaux forestiers (UETFW, 2025) et du catalogue des prix de plants 2025 de la pépinière Gailly-Jourdan, le coût de protection fait référence à l'application de Trico.....	55
Tableau 16 Montant maximal des interventions par classe de propriété (PEFC Belgium, s.d.).....	59
Tableau 17 Taxonomie des pratiques forestières favorables à la biodiversité (vert = mis en œuvre, jaune = à planifier, rouge = non pertinent) (Puzzling Biodiversity, s.d.).....	61

# 1. Introduction

La gestion forestière durable peut être définie comme un « concept dynamique et en évolution, qui vise à maintenir et renforcer les valeurs économiques, sociales et environnementales de tous les types de forêts au profit des générations présentes et futures. » (FAO, s. d.). Une étude comparative des standards de gestion forestière durable a permis d'identifier sept principes communs présents dans la majorité des normes à travers le monde (Holvoet & Muys, 2004) :

1. Politique et planification : l'existence d'un cadre légal, d'une stratégie claire et de dispositifs de suivi.
2. Protection de la ressource forestière : le maintien de la surface forestière et de la vitalité des peuplements.
3. Production durable : la gestion raisonnée des bois et produits non ligneux avec régénération garantie.
4. Biodiversité et processus écologiques : la conservation, restauration et gestion de la faune et de la flore.
5. Fonctions de protection : la préservation des sols, de l'eau et la contribution au cycle du carbone.
6. Viabilité économique : la rentabilité et la diversification des produits et services forestiers.
7. Bien-être social et culturel : le respect des droits, de l'emploi et du développement des communautés locales et autochtones.

En Wallonie, des menaces pèsent sur le milieu forestier et sa biodiversité. Nous pouvons par exemple citer la diminution de 32% des populations d'oiseaux associés aux milieux forestiers, l'état de conservation considéré comme défavorable des 10 types d'habitats forestiers d'intérêt communautaire, la défoliation anormale de 2023 ayant atteint 46% des feuillus et 42% des résineux ou encore que 57% des peuplements en 2018 n'étaient composés que d'une ou deux essences. Cependant, des améliorations sont aussi à souligner, comme l'augmentation de 33% à 45% entre 2008 et 2018 des peuplements à structure irrégulière, l'abaissement du taux de sols forestiers ayant dépassé une charge critique en composés acidifiants et en azote eutrophisant, respectivement 0,5% (en 2018) et 6% (en 2015) contre 81,3% et 67% (en 1990) (SPW ARNE, 2024).

La certification forestière fournit une garantie de la gestion durable des forêts. Les deux principaux labels que l'on peut rencontrer sont PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) et FSC (Forest Stewardship Council). En Wallonie, la quasi-totalité de la forêt publique est certifiée PEFC, ainsi qu'environ une dizaine de pourcents de la forêt privée, tandis que la certification FSC ne représente que quelques centaines d'hectares (mais environ 42.000 hectares en Flandre et à Bruxelles) (PEFC Belgium, s.d. ; FSC, s.d.).

La certification PEFC demande d'être en possession un plan de gestion de son patrimoine forestier, et également depuis la dernière modification des standards de gestion forestière en région wallonne, d'un état des lieux de l'équilibre forêt-gibier. Le plan de gestion forestière (ou plan d'aménagement forestier) est un outil stratégique, technique et réglementaire qui sert à organiser, planifier et encadrer la gestion d'une forêt sur le long terme. Il constitue la traduction opérationnelle des objectifs du propriétaire en tenant compte des fonctions économiques, écologiques et sociales de la forêt. Il n'existe pas de structure officielle obligatoire pour ces documents en forêt privée. La SRFB (Société Royale forestière de Belgique), qui est l'entité en charge de la certification PEFC des forêts privées en Wallonie, propose néanmoins les points suivants à aborder (SRFB, 2024):

1. Informations générales (propriétaire, gestionnaire, coordonnées, statut juridique, assurances...)
2. Cartographie (IGN, parcellaire forestier, ancienneté, Natura 2000, réseau hydrographique, plan de secteur...)

3. Objectifs de la propriété (production, biodiversité, chasse, loisirs, accueil, etc.)
4. Historique de la propriété
5. Analyse du milieu naturel (topographie, altitude, types de sols, zone bioclimatique, essences adaptées...)
6. État initial de la propriété forestière (valeurs écologiques, culturelles, infrastructures...)
7. Importance des différentes fonctions de la forêt et objectifs de gestion (biodiversité, paysage, sol, eau, résilience face aux changements climatiques...)
8. Grands principes des coupes et travaux mis en œuvre sur la propriété
9. Cartographie des coupes et travaux (à joindre en annexe)
10. Relevé des matrices cadastrales (cMmunes divisions, sections, numéros, superficies, remarques...)

La rédaction du plan d'aménagement nécessite de pouvoir se reposer sur des données représentatives de l'état de la forêt, tel que les essences, âges, volumes, densité, etc. Ces données peuvent être récoltées sur le terrain lors de l'inventaire forestier d'aménagement (IFA) (Lejeune, 2016). Cependant, les outils à disposition du forestier ont rapidement évolué. Parmi ceux-ci se trouvent notamment les données dites LiDAR. Le développement rapide des technologies LiDAR (Light Detection and Ranging) au cours des deux dernières décennies a ouvert de nouvelles voies aux forestiers grâce à la capacité de ces capteurs à restituer en trois dimensions la structure verticale de la végétation, les données LiDAR permettent aujourd'hui d'estimer avec précision des paramètres dendrométriques tels que la hauteur dominante, la densité de tiges ou encore le volume sur pied, souvent avec un niveau de détail comparable aux inventaires de terrain traditionnels. En foresterie, leur intégration dans les plans d'aménagement offre un potentiel considérable pour automatiser et homogénéiser les inventaires, réduire les coûts de prospection et améliorer la planification à l'échelle de grandes surfaces (Dassot et al., 2011).

Le second point qui nous occupera sera l'équilibre forêt-gibier. L'équilibre forêt-gibier désigne la coexistence harmonieuse entre les peuplements forestiers et les populations d'ongulés sauvages, permettant le renouvellement durable de la forêt sans recourir à des protections systématiques. Un déséquilibre, souvent causé par une surdensité de gibier, peut compromettre la régénération naturelle, homogénéiser les peuplements et freiner les dynamiques de diversification (Duwe, 2022). Dans ce contexte, l'évaluation des dégâts de gibier constitue un enjeu essentiel pour la gestion forestière. Ce travail vise donc notamment à comparer les principales méthodes de quantification des dégâts causés par les grands ongulés et la nouvelle fiche d'évaluation développée par la SRFB, récemment introduite dans le cadre de la certification PEFC en Wallonie.

Ces deux aspects seront développés dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion d'une propriété d'environ 86 hectares en Ardenne. Un deuxième plan de gestion pour une partie des propriétés restées en indivision sera également rédigé mais pour une surface d'environ 14 hectares. Ce deuxième plan de gestion ne sera pas abordé dans le présent travail. Les propriétaires souhaitent donc rédiger ces plans dans l'objectif de certification PEFC mais souhaitent également poser dès aujourd'hui les bases d'une gestion forestière globalement plus durable et résiliente face aux changements climatiques. Cette approche de la gestion forestière amène à bousculer les itinéraires sylvicoles équiennes classiques de la région, très majoritairement basés sur la production d'épicéa, pour s'exposer à une sylviculture plus diversifiée en termes d'essences et de structures. Ce changement de paradigme met en exergue les éventuelles difficultés face à l'irrégularisation et la diversification des peuplements homogènes présents.

En parallèle à l'élaboration du plan de gestion, ce travail tentera de répondre aux questions de recherche plus spécifiques suivantes :

- Quelles sont les possibilités offertes par la technologie LiDAR pour la réalisation d'inventaires forestiers d'aménagement par rapport aux inventaires de terrain ?
- Comment évaluer objectivement l'impact du gibier sur la forêt ?
- Quelle est la pertinence de la certification PEFC dans un contexte de gestion privée ?

Ce travail débute par un état de l'art portant sur trois thématiques majeures : la certification PEFC, l'utilisation du LiDAR en foresterie, et l'équilibre forêt-gibier. Il se poursuit par la présentation du matériel et des méthodes, incluant les inventaires de terrain, l'analyse des données LiDAR, et la quantification des dégâts de gibier. Les résultats sont exposés séparément pour l'inventaire forestier et pour l'évaluation de l'impact cynégétique. L'ensemble aboutit à l'élaboration d'un plan d'aménagement appliqué à la propriété étudiée. La discussion met en perspective les apports du LiDAR, les méthodes d'évaluation des dégâts, les choix sylvicoles retenus, ainsi que l'intérêt de la certification. Enfin, une conclusion synthétise les principaux enseignements et ouvre des perspectives en matière de gestion durable.

## 2. Etat de l'art

### 2.1 Programme for the Endorsement of Forest Certifications (PEFC)

Le Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) est une organisation non gouvernementale fondée en 1999 et basée à Genève, aujourd'hui active dans plus de 50 pays (PEFC Belgium, s.d.). Son objectif est de garantir une gestion forestière durable répondant à des critères environnementaux, économiques et sociaux clairement définis. Le système repose sur des principes communs établis au niveau international, mais chaque standard est adapté au contexte régional : ces exigences globales sont ainsi traduites dans chaque région sous la forme de plans de progrès spécifiques (SRFB, s.d.). La certification PEFC ne se limite pas à la gestion des peuplements : elle englobe l'ensemble de la filière, de la récolte du bois à la commercialisation du produit fini, grâce au système de chaîne de contrôle (Chain of Custody) qui assure la traçabilité de la matière première tout au long de son parcours. À l'échelle mondiale, PEFC regroupe plus de 750 000 propriétaires forestiers pour environ 320 millions d'hectares certifiés, et plus de 20 000 entreprises adhérentes. Parmi les avantages mis en avant, la certification permet de valoriser le savoir-faire en matière de gestion durable, de faciliter la vente de bois certifié, de répondre à une demande croissante de matières premières tracées, de mieux gérer et protéger le patrimoine forestier et de transmettre la valeur économique, écologique et sociale de la forêt aux générations futures (PEFC Belgium, s.d.).

En Wallonie, la Région soutient activement le développement de PEFC depuis 2002 (SPW, 2017). Au 1er novembre 2021, 54 % de la forêt wallonne était certifiée PEFC, soit environ 305 529 hectares. La quasi-totalité de la forêt publique (99 %) est couverte par la certification, bien que certaines surfaces aient perdu leur label en raison de défaillances liées notamment au maintien de l'équilibre forêt-gibier. À l'inverse, seuls 11 % des forêts privées sont certifiées (fig.1), avec une progression significative : la surface certifiée est passée de 10 800 hectares en 2003 à 32 400 hectares en 2020, atteignant un maximum en 2013 avant que le renouvellement des exigences PEFC ne provoque une légère diminution (SRFB, s.d.).

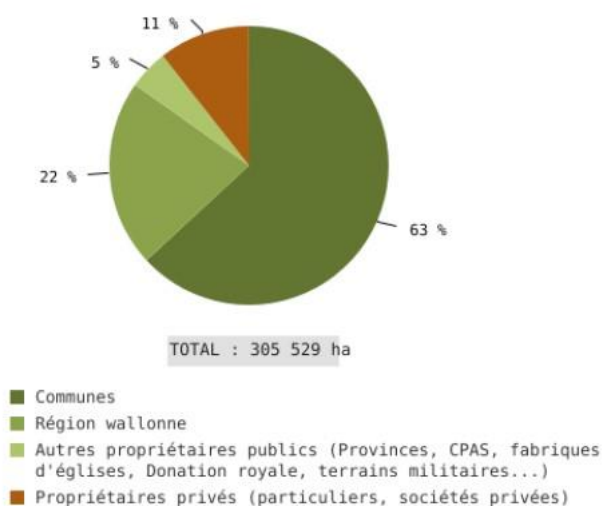


Figure 1 Pourcentages des surfaces certifiées PEFC selon les types de propriétaires (SPW, 2017)

La certification est attribuée par des organismes externes accrédités. En Wallonie, la Filière Bois Wallonie est responsable de la certification des forêts publiques, tandis que la Société Royale Forestière de Belgique accompagne les propriétaires privés. Le respect des engagements est contrôlé chaque année par échantillonnage au moyen d'audits réalisés par des auditeurs externes indépendants. En 2021, 440 audits ont été menés dans les forêts privées wallonnes, sans qu'aucune non-conformité majeure n'ait été relevée. En cas de non-conformité, le propriétaire doit établir un plan d'actions correctives dans les semaines suivant l'audit. À défaut de preuves de mise en œuvre, il s'expose à une suspension, voire à un retrait complet de la certification (SPW, 2017 mis à jour 2022)

La Charte d'engagement PEFC pour la Région wallonne, applicable depuis janvier 2024, précise les obligations concrètes imposées aux propriétaires forestiers (PEFC, 2024), notamment :

- Respecter l'ensemble de la réglementation forestière applicable, et se former régulièrement à la gestion forestière durable.
- Informer et former toutes les personnes impliquées (gestionnaires, exploitants, entrepreneurs, chasseurs) aux exigences du PEFC et aux règles de sécurité.
- Rédiger un document simple de gestion ou un plan d'aménagement forestier et transmettre une copie à l'organisation compétente, avec accès public à un résumé non confidentiel.
- Maintenir une sylviculture adaptée aux conditions stationnelles et climatiques, surveiller la santé de la forêt et planifier la régénération naturelle ou artificielle avec des essences locales adaptées et diversifiées.
- Interdire l'utilisation d'OGM et d'espèces invasives et favoriser la diversité des essences, des âges et des structures.
- Limiter strictement l'usage des produits phytosanitaires aux seules exceptions prévues par la réglementation, interdire la fertilisation et protéger les zones humides et les zones à intérêt biologique particulier.
- Préserver le bois mort, les arbres à cavité et mettre en place des îlots de sénescence lorsque c'est possible pour favoriser la biodiversité.
- Équilibrer l'accroissement de la forêt et les récoltes, adapter les coupes à blanc aux risques d'érosion et aux contraintes paysagères, et encadrer strictement les interventions forestières via des cahiers de charges précis.
- Assurer un équilibre durable entre la forêt et le gibier en réalisant un état des lieux régulier des dégâts, en collaborant avec les chasseurs, et en mettant en œuvre des mesures correctives si nécessaire.
- Pour les propriétaires de plus de 50 hectares, appliquer des exigences supplémentaires concernant le droit de chasse, le respect des quotas et le suivi des dégâts persistants.
- Garantir l'accès aux voies publiques traversant la propriété, et encadrer les activités récréatives dans le respect des écosystèmes forestiers.
- Accepter les audits annuels réalisés par des auditeurs externes, conserver les preuves des actions réalisées et respecter les conditions de résiliation ou de réintégration définies par le PEFC.

## 2.2 Light Detection And Ranging (LiDAR)

La télédétection désigne l'acquisition d'informations sur un objet ou un phénomène sans contact direct avec celui-ci (Belgian Platform on Earth Observation, s. d.). On distingue deux modalités principales : la télédétection passive, qui enregistre le rayonnement solaire émis ou réfléchi par les surfaces, et la télédétection active, par laquelle le capteur émet lui-même une source d'énergie et en mesure le signal de retour.

Les capteurs de télédétection peuvent être embarqués sur divers vecteurs (satellites, aéronefs, drones, stations fixes ou mobiles). Le choix du vecteur dépend notamment des résolutions spatiales et temporelles visées, ainsi que des contraintes économiques. La résolution spatiale, la taille du pixel image varie typiquement de l'ordre du mètre à plusieurs kilomètres pour les satellites, et de quelques dizaines de centimètres à un mètre pour les plateformes aéroportées. La résolution temporelle, correspondant à la fréquence de revisite d'une même zone, est en général de l'ordre d'un à plusieurs jours pour les satellites, mais reste plus limitée pour les missions aéroportées (Bonnet, 2011).

La télédétection passive permet de capter différentes longueurs d'ondes, offrant ainsi la possibilité de produire des images en couleurs vraies ou en infrarouge, facilitant l'identification de structures non perceptibles à l'œil nu. Ces données alimentent diverses applications telles que la photo-interprétation, la photogrammétrie (permettant la mesure des hauteurs et distances via l'effet



stéréoscopique) ou encore la classification numérique d'images, qu'elle soit supervisée ou non (Bonnet, 2011).

En télédétection active, les deux principales technologies sont le radar (basé sur les ondes électromagnétiques) et le LiDAR, qui utilise un faisceau laser pour mesurer des distances avec une grande précision. Le sonar, basé sur les ondes acoustiques, constitue une variante utilisée en milieu aquatique.

Le LiDAR, développé dans les années 1960, se fonde sur la mesure du temps de retour d'un signal laser émis vers une cible, permettant de reconstituer la position tridimensionnelle de la surface observée. On distingue principalement deux grandes catégories de récepteurs LiDAR (Lejeune, 2023) :

- Le LiDAR à onde continue (Full waveform), qui mesure la distance en analysant le décalage de fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchie.
- Le LiDAR à temps de vol (Time of Flight), également appelé système à « retour multi-échos », qui enregistre directement le temps mis par une impulsion brève pour revenir au capteur après réflexion.

L'acquisition de données LiDAR nécessite l'intégration d'un système de positionnement par satellite (GNSS) et d'une centrale inertielle (IMU) pour corriger les mouvements de tangage, roulis et lacet du vecteur porteur (White et al., 2013). Chaque impulsion peut générer plusieurs échos (fig.2), selon les objets rencontrés (végétation, bâtiments, sol), ce qui permet une représentation fine de la structure verticale. Les retours sont ensuite prétraités pour une première classification (sol, bâti, végétation, plan d'eau) et généralement fournis au format LAS.

La qualité des données dépend de plusieurs paramètres : vitesse et altitude de vol, fréquence d'émission des impulsions, configuration du balayage. Une densité de points plus élevée améliore la précision des relevés mais engendre également une augmentation du volume de données et des coûts de traitement (Bonnet et al., 2013). Des facteurs tels que l'occlusion, le suréchantillonnage ou encore les conditions météorologiques (ex. le vent) peuvent également altérer la qualité de l'acquisition.

En pratique, la densité de points est généralement qualifiée de faible ( $< 8$  points/m<sup>2</sup>), moyenne (8–30 points/m<sup>2</sup>) ou élevée ( $> 30$  points/m<sup>2</sup>). Le niveau requis dépend des objectifs poursuivis ; l'analyse de la structure d'un peuplement forestier requiert en général une densité au moins moyenne (Lejeune, 2023).

En sylviculture, deux approches analytiques principales sont distinguées pour exploiter les nuages de points LiDAR (Vandendaele, 2022) :

- L'approche Individual Tree Crown (ITC), qui vise à détecter les couronnes d'arbres individuels afin d'estimer leurs attributs (hauteur, diamètre) via des modèles allométriques.
- L'Area-Based Approach (ABA), qui évalue les caractéristiques dendrométriques sur une unité de surface prédéfinie.

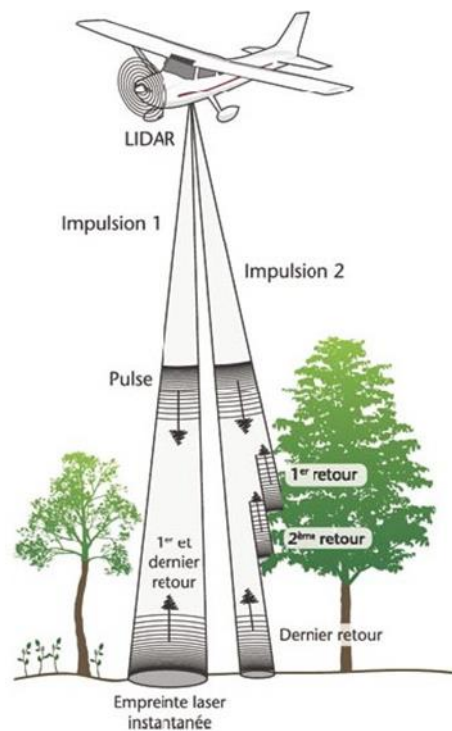


Figure 2 Fonctionnement d'un laser LiDAR (Bonnet, 2014)

Les applications forestières du LiDAR sont multiples : cartographie de la canopée, détection et caractérisation des trouées et de la régénération naturelle, cartographie de l'occupation du sol, ou encore estimation de paramètres dendrométriques. Les données issues du LiDAR permettent notamment de localiser les cimes des arbres et d'estimer leur hauteur dominante, mais aussi de modéliser des indicateurs structuraux tels que le nombre de tiges par hectare, la distribution en classes de diamètre, le volume sur pied ou encore la surface terrière, à l'aide de modèles statistiques appropriés (Bonnet, 2014).

## 2.3 Equilibre forêt-gibier

Le Code forestier wallon ne propose pas de définition précise de l'équilibre forêt-gibier, mais il l'évoque explicitement dans le décret du 15 juillet 2008, où l'on peut lire : « *Le Code forestier vise notamment à garantir la conservation et la gestion durable des forêts, et à assurer l'équilibre sylvo-cynégétique* » (SPW ARNE, 2008). En revanche, le Code de l'environnement français définit l'équilibre forêt-gibier à l'article L.425-4 comme suit : « *L'équilibre agro-sylvo-cynégétique consiste à rendre compatible, d'une part, la présence durable d'une faune sauvage riche et variée et, d'autre part, la pérennité et la rentabilité économique des activités agricoles et sylvicoles* » (Légifrance, 2014).

La surabondance du gibier constitue un facteur de pression supplémentaire sur l'écosystème forestier. Celui-ci engendre notamment des difficultés dans le renouvellement des peuplements, un appauvrissement en essences, une simplification de la structure forestière ainsi qu'une dégradation de la qualité du bois (Brossier & Pallu, 2016 ; Hamard & Ballon, 2009).

L'équilibre forêt-gibier peut être recherché, ou à tout le moins les objectifs pour y tendre peuvent être définis, à partir de l'analyse de trois éléments : les données cynégétiques, la gestion cynégétique et l'état des lieux sylvicole (Brossier & Pallu, 2016).

Du point de vue des données cynégétiques, l'étude de l'évolution du grand gibier s'appuie sur l'estimation des effectifs et leur répartition, ainsi que sur les tableaux de chasse réalisés. Les Indicateurs de Changements Écologiques (ICE) apportent également des informations sur l'abondance du gibier (indice nocturne d'abondance), la performance des individus (masse corporelle, longueur de patte arrière, chronologie de l'éruption des incisives, nombre de couches de cément) et la pression exercée sur le milieu (indice de consommation ou d'abrutissement) (Brossier & Pallu, 2016). Ces indicateurs prennent tout leur sens lorsqu'ils sont collectés de manière rigoureuse et régulière, car ils renseignent sur les tendances d'évolution positive ou négative des populations. En Wallonie, les plans de tir, instaurés depuis 1989, sont élaborés sur la base de ces données et reposent notamment sur les résultats des tableaux de chasse et de l'indice nocturne d'abondance, afin de fixer les objectifs pour la saison suivante par rétro-calcul (Licoppe, 2018).

Concernant la gestion cynégétique, il convient d'examiner la cohérence des unités de gestion et de vérifier si celles-ci présentent, par exemple, une superficie suffisante pour permettre une régulation efficace des populations. La définition d'objectifs de gestion, acceptés par les détenteurs du droit de chasse, permet d'évaluer si l'organisation de la chasse est performante, tant du point de vue des méthodes employées (battue, traque-affût, approche, affût, etc.) que de la qualité des tirs réalisés (Duwe, 2022). Selon les recherches de Pauline Duwe (2022), le rétablissement de l'équilibre nécessite d'appliquer une pression de chasse immédiate, élevée et soutenue sur une longue période. Parmi les mesures jugées efficaces figurent la sélection rigoureuse des participants, le tir sur animal arrêté, la simplification des consignes de tir, ainsi que l'entraînement des chasseurs et le réglage de leurs armes.

L'analyse de l'état de la forêt elle-même constitue un troisième élément essentiel. Celle-ci doit présenter un équilibre sylvicole suffisant pour offrir une capacité d'accueil adaptée. Une forêt équilibrée se caractérise par un mélange d'essences diversifié, une variété de modes de traitement (futaie régulière, irrégulière, taillis sous futaie) et une structure hétérogène en tailles et en âges (Brossier & Pallu, 2016). L'identification des zones sensibles, telles que les plantations, la régénération naturelle, les jeunes arbres ou les taillis en recépage, est primordiale pour y anticiper les éventuels dégâts. Certains signes

précurseurs doivent alerter sur un risque de déséquilibre, comme une consommation excessive de houx et de lierre, l'absence de régénération naturelle (vérifiable grâce à des dispositifs d'enclos/exclos dont 850 ont été installés en Wallonie en 2016) ou encore une diminution de la masse corporelle des animaux prélevés (Hamard & Ballon, 2009).

En Wallonie, les populations de cerfs et de chevreuils ont respectivement doublé entre 1980 et 2005 pour le cerf, et entre 1980 et 2010 pour le chevreuil, tandis que les effectifs de sangliers ont, quant à eux, plus que triplé sur la période allant de 1980 à 2012, mais une tendance à la baisse a été observée pour ces trois espèces entre 2012 et 2016 (fig.3) (SPW, 2017). Néanmoins, le dernier diagnostic environnemental souligne qu'entre 2011 et 2018, près de 23 % des peuplements forestiers ont subi des dégâts imputables aux ongulés sauvages (SPW ARNE, 2024).

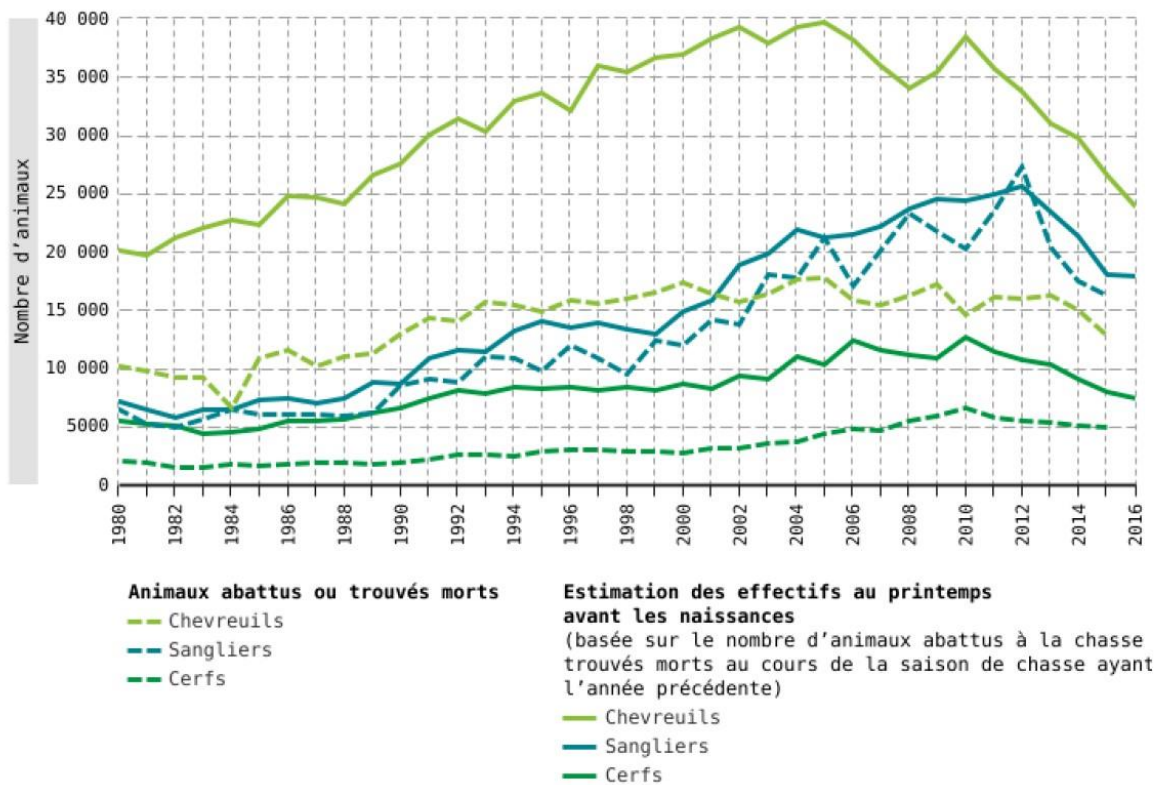


Figure 3 Evolution des populations d'ongulés sauvages (SPW, 2017)

## 3. Matériel et Méthode

### 3.1 Inventaire LiDAR – IFA

#### 3.1.1 Zone d'étude

La propriété d'environ 86 hectares, située en basse et moyenne Ardenne ainsi qu'en Ardenne centro-orientale, possède un parcellaire précis. Elle est très majoritairement composée de peuplements résineux, qui représentent environ 80 % de la surface totale. Les peuplements feuillus couvrent pour leur part 11,4 % de la superficie, tandis que les fonds et les plantations de moins de 20 ans (majorité d'épicéa et de mélèze) occupent respectivement 4,4 % et 4,2 %. La structure d'âge des peuplements révèle une prédominance de classes jeunes à intermédiaires : la plus grande part des surfaces se situe dans les classes de 20 à 29 ans (32,14 hectares) et de 30 à 39 ans (27,86 hectares). Les peuplements plus âgés sont moins représentés, avec 7,16 hectares pour les peuplements de 50 à 59 ans, 0,84 hectare pour ceux de 60 à 69 ans, et seulement 0,48 hectare pour ceux de 80 à 89 ans. Trois parcelles de feuillus, d'anciens taillis convertis en futaie, sont plus anciennes mais ne représentent qu'un peu plus d'un hectare. Les jeunes plantations de moins de 10 ans totalisent 4,51 hectares, tandis que celles âgées de 10 à 19 ans couvrent 5,66 hectares. La cartographie des peuplements se trouve au point 6.1.3 du présent document.

En complément, une seconde propriété d'une superficie de 14 hectares, restée en indivision, a également été incluse dans l'analyse. Elle se compose principalement de peuplements résineux, dominés par l'épicéa commun en mélange avec du douglas et/ou du mélèze, dont les âges varient entre 8 et 60 ans. Les surfaces les plus importantes sont représentées par un peuplement âgé de 60 ans (2,59 ha), un autre de 30 ans (1,89 ha) et plusieurs jeunes plantations de 8 à 22 ans totalisant environ 6,14 ha. On y trouve également un peuplement pur de douglas âgés de 38 ans (0,43 ha), quelques peuplements feuillus divers, ainsi qu'un taillis de chênes (1,10 ha). Enfin, 3,06 ha sont occupés par des fonds non boisés.

L'agrégation des données issues des deux propriétés permet de dresser une vue d'ensemble de la répartition des types de peuplements et des classes d'âge (fig. 4 et 5).

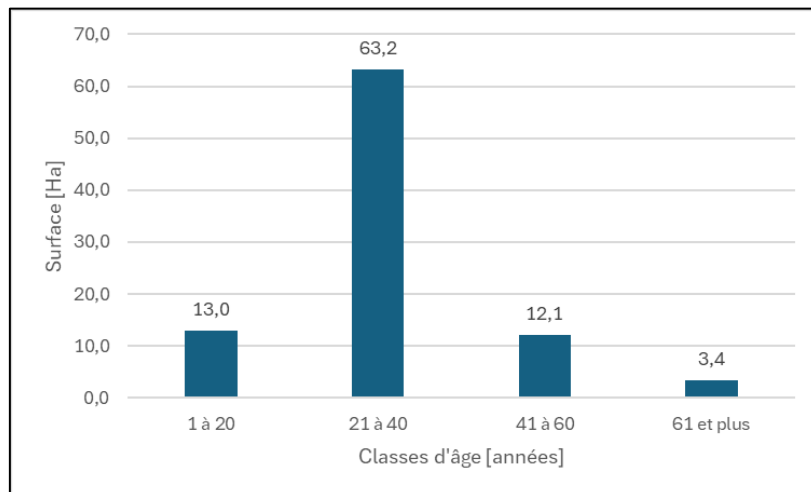


Figure 4 Répartition en quatre classes d'âge de la zone étudiée avec les données LiDAR

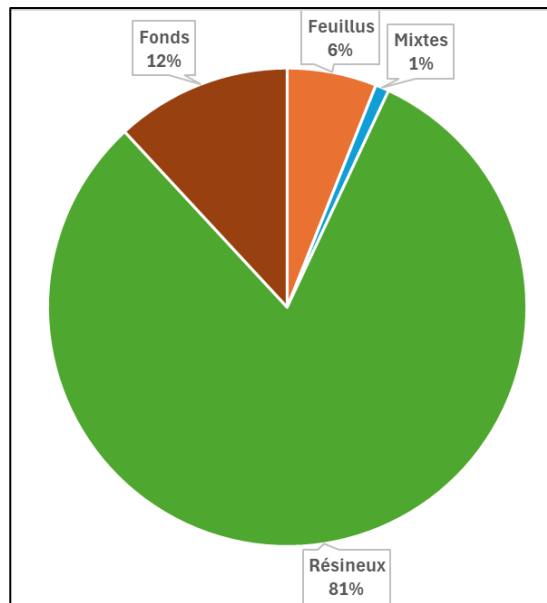


Figure 5 Répartition des types de peuplements de la zone étudiée avec les données LiDAR

### 3.1.2 Données utilisées pour l'inventaire LiDAR

Les données LiDAR utilisées proviennent de la campagne d'acquisition réalisée par le Service public de Wallonie entre 2021 et 2022. Cette opération, conduite principalement entre décembre et mars afin d'optimiser la captation des points au sol, a mobilisé environ 200 heures de vol réparties sur les deux saisons hivernales. L'ensemble du territoire wallon, soit environ 17 000 km<sup>2</sup>, a ainsi été couvert avec un recouvrement de 60 % entre les bandes de vol (« LiDAR 2021-2022 | Géoportail de la Wallonie », s. d.).

La densité moyenne est de 7 pulses/m<sup>2</sup> (densité de points finale de 6,8 points/m<sup>2</sup>), avec une précision altimétrique (axe Z) estimée à 12 cm. Au total, le relevé représente près de 225 milliards de points, distribués en 69 438 fichiers, chacun représentant une tuile d'une surface de 500 × 500 mètres (« LiDAR 2021-2022 | Géoportail de la Wallonie », s. d.).

Les données ont été livrées au format standard LAS de l'ASPRS (LIDAR Data Exchange File de l'American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) et compressées au format LAZ pour limiter le volume de stockage sans perte de qualité. La projection planimétrique utilisée est ETRS89 / Lambert 2008, et la référence altimétrique (Z) repose sur le Deuxième Nivellement Général (DNG). Chaque point est géoréférencé en X, Y et Z, et classifié selon un schéma spécifique comprenant 7 classes : rebus/non-classé, hors-sol, sol, végétation haute, eau, ponts et lignes haute tension (« Nuage de points LIDAR 2021-2022 | Géoportail de la Wallonie », s. d.).

Enfin, le nuage de points LiDAR a permis de produire des modèles altimétriques dérivés — Modèle Numérique de Terrain (MNT), Modèle Numérique de Surface (MNS) et Modèle Numérique de Hauteur (MNH) — disponibles aux résolutions de 1 mètre et 0,5 mètre (« Nuage de points LIDAR 2021-2022 | Géoportail de la Wallonie », s. d.).

### 3.1.3 Méthode d'inventaire de terrain

Une grille systématique de 100 × 100 m a été générée de manière à disposer d'au moins un point d'inventaire par peuplement. Les peuplements à inventorier ont ensuite été sélectionnés selon plusieurs critères d'exclusion : (i) exclusion des fonds et des plantations récentes et/ou non élaguées, (ii) exclusion des peuplements de taille trop réduite ou implantés sur des parcelles trop étroites, susceptibles d'accentuer les effets de bordure tant pour l'inventaire de terrain que pour l'analyse des données LiDAR. Ainsi, les peuplements 16, 27, 30 et 43 ont été écartés de la campagne d'inventaire. Le centre des

placettes d'inventaire était rejoint à l'aide d'un GPS Garmin ; toutefois, il pouvait être légèrement déplacé en fonction des contraintes et besoins rencontrés sur le terrain. Au total, 45 placettes ont été inventoriées sur 21 peuplements d'une surface totale (sans les peuplements exclus) de 77,3 hectares. Les données d'inventaire sont retranscrites sur une fiche standard (annexe 9.1) où l'on prend comme données : l'essence, le diamètre à 1,5m (seuil à partir de 30cm de diamètre), la distance au centre, l'azimut à partir du centre de la placette, les éventuels dégâts de gibier sur l'arbre, la hauteur des trois plus gros individus, au besoin l'inclinaison de la placette, la régénération naturelle et les autres occupations de la placette (généralement s'il y a un layon de débardage). Chaque centre de placette est ensuite géoréférencé grâce à un GPS de précision avec correction RTK.

### 3.1.4 Traitement des données

Le traitement des données LiDAR a été réalisé dans l'environnement R à l'aide du package `lidR` (Roussel & Auty, 2023), spécialement conçu pour l'analyse et la valorisation des nuages de points LiDAR en contexte forestier.

La démarche s'effectue en plusieurs étapes :

Les fichiers LAZ ont été importés via la fonction `readLAS()`, contenant l'ensemble des informations tridimensionnelles (X, Y, Z) et les classes d'objets LiDAR.

La normalisation consiste à convertir les altitudes absolues en hauteurs relatives par rapport au sol. La fonction `normalize_height()` utilise un algorithme pour interpoler le modèle numérique de terrain (MNT) et calculer la hauteur de chaque point au-dessus du sol. Cette étape est indispensable pour toutes les analyses dendrométriques ultérieures.

À partir des points classés « sol », un Modèle Numérique de Terrain a été généré grâce à `grid_terrain()`. Par la suite, un Modèle Numérique de Canopée a été produit en utilisant `rasterize_canopy()`, qui calcule la hauteur maximale de la végétation pour chaque pixel. Il est important de gérer les pixels vides.

Une fois le nuage de points LiDAR normalisé et les couches altimétriques dérivées produites, l'étape suivante consiste à quantifier les paramètres dendrométriques clés sur la base des propriétés statistiques du nuage de points. Cette opération repose sur l'approche ABA, qui relie des métriques issues du LiDAR à des variables forestières mesurées au sol.

Concrètement, le calcul s'effectue en subdivisant l'emprise de la zone d'étude en mailles régulières ou en placettes virtuelles. À l'intérieur de chaque maille, on applique la fonction `plot_metrics()` du package `lidR` dédiée au calcul de metrics standards, puis en plein avec `pixel_metrics()` :

- Hauteur dominante : souvent estimée par le 95<sup>e</sup> percentile des hauteurs (`zq95`). Cette métrique correspond à la hauteur sous laquelle se trouvent 95 % des points, ce qui est proche de la définition de la hauteur dominante en dendrométrie de terrain.
- Diamètre dominant / Circonférence dominante : le LiDAR ne mesure pas directement le diamètre. Celui-ci est estimé indirectement par des modèles allométriques qui relient la hauteur dominante (ou d'autres métriques de hauteur) au diamètre à 1,30 m. Ces modèles sont généralement calibrés à partir des données d'inventaire terrain.
- Nombre de tiges (N/ha) : il est calculé à partir de la densité de maxima locaux détectés grâce à la détection de cimes via `locate_trees()`.
- Volume sur pied (V/ha) : le volume est estimé via une combinaison de la hauteur dominante, du diamètre dominant et du nombre de tiges, appliqués à des équations de cubage adaptées à l'essence et à la région (White et al., 2013).

Enfin, dans QGIS, les couches raster issues de `lidR` sont croisées avec les polygones des peuplements forestiers via l'outil Zonal Statistics. Cela permet de calculer, pour chaque polygone, la moyenne des indicateurs (hauteur dominante, circonférence dominante, volume, surface terrière et densité de tiges), fournissant ainsi une synthèse dendrométrique spatialisée par peuplement.

Les données issues de l'inventaire de terrain ont été traitées en deux étapes. Dans un premier temps, la circonférence mesurée à 1,50 m de hauteur (C150) a été convertie en circonférence à 1,30 m (C130) afin d'obtenir un diamètre standardisé à hauteur de poitrine. Dans un second temps, cette circonférence a été ajustée en retranchant trois années de croissance, afin de ramener la mesure de 2025 à l'année 2022 pour correspondre à la date des acquisitions LiDAR. Le volume sur pied a ensuite été estimé à l'aide d'un tarif à deux entrées adaptées aux essences forestières régionales (C130 et hauteur dominante) selon les tables de Dagnelie (Dagnelie et al., 2013).

Afin de quantifier la précision des estimations dendrométriques dérivées des données LiDAR, une comparaison systématique a été menée avec les mesures de référence issues de l'inventaire de terrain. Dans ce cadre, quatre analyses complémentaires ont été réalisées. Tout d'abord, la relation linéaire entre les deux jeux de données a été évaluée à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson, afin d'apprécier la force de l'association. Ensuite, un test de Student a été appliqué pour déterminer si la différence moyenne entre les valeurs issues du LiDAR et celles relevées in situ diffèrent significativement de zéro, ce qui permet de détecter un éventuel biais systématique. Parallèlement, des indicateurs d'erreur tels que le biais moyen, l'erreur absolue moyenne, l'erreur quadratique moyenne et l'erreur relative ont été calculés pour quantifier l'écart global entre les deux méthodes. Enfin, une analyse graphique afin de visualiser la dispersion des écarts et de vérifier la présence de tendances systématiques.

## 3.2 Quantification des dégâts de gibier

### 1.1.1 Zone d'étude

La zone retenue pour la quantification des dégâts de gibier se limite à deux peuplements, identifiés après une reconnaissance complète de la propriété et la réalisation de l'inventaire. Ce sont les seuls secteurs dans lesquels des dégâts attribuables aux ongulés sauvages ont pu être observés de manière suffisamment claire et récurrente pour permettre une quantification rigoureuse. Ce choix méthodologique vise à concentrer l'analyse sur des cas représentatifs, où l'impact du gibier est à la fois visible et mesurable. Il s'agit des peuplements 1 et 35. Le peuplement 1 est une plantation de douglas et d'épicéa de 20 ans et élagués, pour une surface de 1,2 hectare, tandis que le peuplement 35 est une plantation de 2023 composée de blocs de mélèze hybride, d'épicéa et de chênes sessiles, pour une surface de 4,5 hectares.

La propriété dans son ensemble n'est pas chassée par les propriétaires. Les différents peuplements sont loués à plusieurs sociétés de chasse. La propriété se trouve sur trois conseils cynégétiques que sont :

- le conseil cynégétique des deux Ourthes
- le conseil cynégétique du Bois Saint-Jean
- le conseil cynégétique de Haute-Ardenne

### 1.1.2 Dispositif d'échantillonnage

Le dispositif d'échantillonnage mis en place en plantation repose sur 40 placettes linéaires aléatoires, chacune constituée de 10 arbres consécutifs, réparties au sein du peuplement 35, une vaste parcelle homogène regroupant l'ensemble des plantations étudiées. Cette approche s'inspire des recommandations de Brossier & Pallu (2016), qui proposent un relevé simplifié et reproductible par lignes d'arbres, ainsi que de la logique de diagnostic sylvo-cynégétique développée par Hamard &

Ballon (2009). Un second dispositif a été appliqué au sein du peuplement 1, une plantation de Douglas établie en 2005, où 7 placettes linéaires aléatoires ont été implantées selon le même protocole. Dans les deux cas, les dégâts de gibier ont été relevés arbre par arbre, en notant systématiquement la présence ou l'absence des trois principaux types de dommages (Beaudesson, 2019) : abroustissement, frottis et écorçage ainsi que la mortalité. Ce protocole permet une quantification comparable des impacts, tant dans des plantations récentes que dans des peuplements plus âgés.

Un nouvel outil d'évaluation développé par la Société Royale Forestière de Belgique permet de dresser un état des lieux global de l'équilibre forêt-gibier à l'échelle de la propriété. Il repose sur une estimation visuelle des dégâts (abroustissement, frottis, écorçage) selon les stades de développement des peuplements (régénération, plantation, futaie jeune à mature) et les types de peuplements (feuillus, résineux, mixtes). Des seuils standardisés permettent de classer les dégâts en niveaux acceptable, inquiétant ou inacceptable, conformément aux exigences PEFC (tab.1). L'outil intègre également la sensibilité des essences et propose un calcul pondéré des dégâts à l'échelle globale, facilitant le dialogue entre propriétaires et chasseurs et orientant les mesures à mettre en place.

Tableau 1 Seuils de dégâts en pourcentage de la surface selon la fiche SRFB (SRFB, 2025)

Stade	Dégâts acceptables	Inquiétants	Inacceptables
Régénération naturelle	<30 %	30–80 %	>80 %
Plantation	<10 %	10–20 %	>20 %
Futaies (5–40 ans)	<10 %	10–25 %	>25 %

Afin de synthétiser les trois approches, le tableau suivant (tab.2) réalise un comparatif synthétique :

Tableau 2 Comparatif des méthodes de quantification de dégâts de gibier

Critère	Brossier & Pallu (2016)	Hamard & Ballon (2009)	SRFB (2025)
<b>Objectif principal</b>	Évaluation simplifiée des dégâts en plantation ou régénération	Diagnostic approfondi à l'échelle du peuplement	Diagnostic global à l'échelle de la propriété (PEFC)
<b>Niveau d'échelle</b>	Parcelle ou ligne d'échantillonnage	Peuplement	Ensemble de la propriété
<b>Méthode de collecte</b>	Relevé ligne à ligne, taux de dégâts par type	Observation directe + seuils de tolérance sylvicole	Estimation visuelle des pourcentages de dégâts par stade de peuplement
<b>Types de dégâts pris en compte</b>	Abroustissements, frottis, écorçage, arrachage	Abroustissement, frottis, écorçage, piétinement, mortalité	Abroustissement, frottis, écorçage
<b>Expression des résultats</b>	Taux de dégâts par ligne ou essence	Pourcentage d'arbres atteints vs. seuil de tolérance	% de dégâts agrégés pondérés par la surface concernée
<b>Seuils d'interprétation</b>	Non formalisés dans la méthode	Oui, seuils selon objectifs sylvicoles	Oui, seuils standards PEFC (ex. : >80 % = inacceptable)
<b>Prise en compte de la sensibilité des essences</b>	Non explicite	Oui (essences à risque mentionnées)	Oui, classification par type de dégâts et période de sensibilité
<b>Utilisation recommandée</b>	Suivi simple, discussions chasse/forêt	Outil d'aide à la décision technique	PEFC, plan d'aménagement, concertation chasse-forêt



## 2. Inventaire LiDAR - IFA

### 2.1 Résultats LiDAR

ID	Essences	Année plantation	Surface [Ha]	CDOM [cm]	HDOM [m]	VHA [m3/Ha]	NHA [Tiges/Ha]	GHA [m2/Ha]
1	EP_DO	2005	1,2	67,3	15,9	150,1	967,9	20,7
2	TAILLIS_CH	N/A	0,78	94,6	19,8	140,3	643,1	17,8
3	FONDS	0	0,24	113,0	24,4	213,0	385,8	18,2
4	EP	1986	1,72	100,6	21,2	356,7	944,9	35,0
5	EP_DO	1998	8,45	82,0	19,0	305,5	1037,4	33,3
6	HE	2001	0,55	72,9	16,5	67,7	831,2	11,4
7	MZ	1967	2,27	157,8	28,0	364,3	339,7	30,7
8	MZ	2012	0,71	49,8	12,4	14,0	880,6	9,3
9	CH	1943	0,48	131,3	23,7	241,5	416,9	22,9
10	EP_DO	2003	8,17	61,1	14,8	187,0	1081,5	24,0
11	DO	1988	0,4	127,3	24,8	377,7	593,1	33,9
12	DO	1960	0,58	148,8	27,4	423,4	431,5	35,4
13	DO	2002_2004	1,89	63,8	14,0	138,1	1023,5	19,3
14	EP_DO	1995	0,66	91,6	19,9	321,8	966,1	33,5
15	EP	1987_1993	3,56	99,5	21,6	381,4	966,7	37,7
16	EP_DO	1998	0,29	89,8	18,8	260,5	847,5	26,9
17	EP_DO	1994	8,59	91,0	20,3	363,1	1056,0	37,4
18	DO	1994	0,41	105,5	22,0	342,0	874,7	34,3
19	EP_DO	2012	2,68	34,0	11,4	83,6	1041,2	16,6
20	EP_MZ	2012	0,29	50,3	11,5	39,3	847,2	9,0
21	EP_DO	1994_1995	1,46	87,4	19,5	347,8	1084,0	37,5
22	TAILLIS_AX	2009	0,4	58,6	14,0	102,6	878,6	14,7
23	EP	1998	0,47	77,2	16,5	267,6	1074,0	29,7
24	EP_DO	2004	0,54	55,7	14,0	131,5	1045,8	18,9
25	EP	1997	1,04	89,7	18,2	236,9	849,7	25,1
26	EP_EK_DO	1980	2	122,9	23,5	364,1	664,4	33,5
27	TAILLIS	N/A	0,19	93,1	20,7	183,5	657,2	22,7
28	FONDS	0	0,42	137,6	26,2	396,2	506,7	34,7
29	FONDS	0	2,08	109,0	18,7	143,6	500,0	12,7
30	EP	1980_1992	0,29	125,4	24,1	370,0	599,1	33,0
31	EP	1964_1969	3,53	148,3	27,7	509,7	464,7	41,3
32	EP	1992	0,39	110,7	23,7	377,0	881,7	36,3
33	FONDS	0	1,08	160,1	28,9	474,8	311,1	37,2
34	EP_DO	2014	1,58	48,7	12,2	38,0	723,5	6,5
35	CS_EP_MH_C	2023	4,51	136,1	23,8	222,8	354,6	20,0
36	EP_MZ	1964	0,26	141,2	29,1	453,2	512,9	38,0
37	EP	1989_1992	2,22	94,5	20,6	361,9	992,4	36,2
38	CH	N/A	0,48	143,2	24,8	301,8	437,2	27,1
39	EP	1989_1992	3,31	90,2	19,2	353,6	1078,0	36,6
40	HE_DO	1989	0,92	99,9	20,0	255,9	900,7	29,6
41	EP_DO	1999	0,44	89,9	18,5	269,2	1008,3	30,4
42	EP	1970	1,36	146,4	27,0	476,2	431,7	38,8
43	HE	2004	0,29	64,5	12,2	0,3	655,2	3,6
44	EP	1988	3,93	98,3	20,1	362,0	989,2	36,0
45	DO	2004	7,95	64,5	13,4	136,2	979,1	17,7
46	HE	2004	0,45	63,4	13,4	80,6	984,0	12,8
47	DO	2003	0,41	70,0	13,8	158,5	969,3	18,1
INDIVISION								
1	EP_DO_MZ	1965	2,594	151,7	28,2	478,3	351,0	37,7
2	FONDS	0	3,062	157,2	29,2	469,7	293,47	36,3
3	DO	1987	0,429	132,8	25,7	358,8	546,89	32,0
4	EP_DO	2017	2,823	135,9	25,4	311,2	381,07	24,0
6	feuillus_divers	N/A	1,111	121,8	24,4	179,6	375,32	17,4
7	EP_DO	1979	0,369	116,3	24,3	336,4	649,67	32,3
8	Taillis_CH	N/A	1,097	88,4	18,5	83,8	622,52	13,0
9	EP_DO	1995	1,888	89,4	20,3	352,7	1044,46	37,0
10	HE_CR	2003	0,263	98,5	19,8	74,1	510,44	8,8
11	EP_DO	2003	0,668	69,5	14,7	95,8	848,15	13,8

## 2.2 Résultats IFA

ID	Essences	Année plantation	Surface [Ha]	VHA [m3/Ha]	NHA [Tiges/Ha]	GHA [m2/Ha]
1	EP_DO	2005	1,2	302,4	1856,8	40,1
2	TAILLIS_CH	N/A	0,78			
3	FONDS	0	0,24			
4	EP	1986	1,72	364,6	746,0	35,5
5	EP_DO	1998	8,45	287,1	969,9	31,6
6	HE	2001	0,55	104,8	969,2	18,9
7	MZ	1967	2,27	378,8	331,8	27,9
8	MZ	2012	0,71	65,0	574,7	9,4
9	CH	1943	0,48	339,2	732,1	43,4
10	EP_DO	2003	8,17	188,3	1116,5	27,0
11	DO	1988	0,4	296,6	368,3	26,4
12	DO	1960	0,58			
13	DO	2002_2004	1,89	216,7	1044,5	29,5
14	EP_DO	1995	0,66	274,5	845,5	29,5
15	EP	1987_1993	3,56	341,2	541,1	31,4
16	EP_DO	1998	0,29			
17	EP_DO	1994	8,59	310,9	990,2	33,4
18	DO	1994	0,41			
19	EP_DO	2012	2,68			
20	EP_MZ	2012	0,29			
21	EP_DO	1994_1995	1,46	350,1	686,4	35,6
22	TAILLIS_AX	2009	0,4	117,4	1039,4	14,5
23	EP	1998	0,47	210,0	1169,3	28,4
24	EP_DO	2004	0,54	129,8	845,5	19,4
25	EP	1997	1,04	253,4	1094,2	30,1
26	EP_EK_DO	1980	2	367,3	443,9	33,8
27	TAILLIS	N/A	0,19			
28	FONDS	0	0,42			
29	FONDS	0	2,08			
30	EP	1980_1992	0,29			
31	EP	1964_1969	3,53	656,1	746,7	51,2
32	EP	1992	0,39	398,6	1299,2	42,3
33	FONDS	0	1,08			
34	EP_DO	2014	1,58	87,5	1989,4	21,4
35	CS_EP_MH_C	2023	4,51			
36	EP_MZ	1964	0,26			
37	EP	1989_1992	2,22	352,5	1044,5	38,8
38	CH	N/A	0,48	327,0	376,7	38,9
39	EP	1989_1992	3,31	266,0	1094,2	37,0
40	HE_DO	1989	0,92	318,4	1039,4	36,7
41	EP_DO	1999	0,44			
42	EP	1970	1,36	538,8	631,4	43,0
43	HE	2004	0,29			
44	EP	1988	3,93	394,6	811,2	39,1
45	DO	2004	7,95	150,7	1193,7	23,0
46	HE	2004	0,45	72,9	1044,5	14,8
47	DO	2003	0,41	160,3	1414,7	25,0
INDIVISION						
1	EP_DO_MZ	1965	2,594	564,4	541,1	43,7
2	FONDS	0	3,062			
3	DO	1987	0,429	313,7	394,6	28,5
4	EP_DO	2017	2,823			
6	feuillus_divers	N/A	1,111			
7	EP_DO	1979	0,369	406,3	1326,3	43,8
8	Taillis_CH	N/A	1,097			
9	EP_DO	1995	1,888	258,5	994,7	29,6
10	HE_CR	2003	0,263	152,7	845,5	21,1
11	EP_DO	2003	0,668	107,4	795,8	16,6

## 2.3 Résultats LiDAR au point GPS de l'IFA

ID	Essences	Année plantation	Cadastre	Surface [Ha]	VHA [m3/Ha]
1	EP_DO	2005	1012G2_1012	1,2	225,5
2	TAILLIS_CH	N/A	1012K3	0,78	
3	FONDS	0	1185A	0,24	
4	EP	1986	269T	1,72	406,9
5	EP_DO	1998	1794D2_1794	8,45	300,7
6	HE	2001	1288K_1288F	0,55	40,3
7	MZ	1967	1288K	2,27	360,1
8	MZ	2012	1288R	0,71	61,9
9	CH	1943	1288G	0,48	242,5
10	EP_DO	2003	47G_47H	8,17	207,0
11	DO	1988	910A_955	0,4	459,9
12	DO	1960	911D	0,58	
13	DO	2002_2004	898A_897B_9	1,89	157,3
14	EP_DO	1995	32X	0,66	318,8
15	EP	1987_1993	101G_104W	3,56	410,4
16	EP_DO	1998	103D	0,29	
17	EP_DO	1994	205M2_172A	8,59	344,6
18	DO	1994	183B_184B_1	0,41	
19	EP_DO	2012	190_191_194	2,68	
20	EP_MZ	2012	138C_198B	0,29	
21	EP_DO	1994_1995	193_205N2_2	1,46	364,9
22	TAILLIS_AX	2009	199H_199D_1	0,4	50,1
23	EP	1998	199/2_199D	0,47	279,8
24	EP_DO	2004	199/4	0,54	116,4
25	EP	1997	2204C	1,04	317,7
26	EP_EK_DO	1980	102B_102C	2	451,0
27	TAILLIS	N/A	2246F	0,19	
28	FONDS	0	2246V_2246A	0,42	
29	FONDS	0	418X6	2,08	
30	EP	1980_1992	289V_289W	0,29	
31	EP	1964_1969	460A_461A	3,53	563,8
32	EP	1992	461A	0,39	410,3
33	FONDS	0	476E	1,08	
34	EP_DO	2014	477D2	1,58	
35	CS_EP_MH_C	2023	473D_472C_4	4,51	
36	EP_MZ	1964	1010D2_14K2	0,26	
37	EP	1989_1992	477C2_477Y	2,22	359,8
38	CH	N/A	477000	0,48	267,1
39	EP	1989_1992	477F2_477G2	3,31	367,0
40	HE_DO	1989	1055G	0,92	262,1
41	EP_DO	1999	1055H	0,44	
42	EP	1970	18D_18E_22A	1,36	542,0
43	HE	2004	1956P2_1956	0,29	
44	EP	1988	1755N2	3,93	409,3
45	DO	2004	824B_945F_9	7,95	156,8
46	HE	2004	822A_824B	0,45	42,4
47	DO	2003	997C	0,41	208,7
INDIVISION					
1	EP_DO_MZ	1965	99R	2,59360944	547,5
2	FONDS	0	99W_99X_99	3,06158987	
3	DO	1987	218/3A	0,42945268	395,0
4	EP_DO	2017	97A_221_219	2,82348038	
6	feuillus_diver	N/A		1,11107021	
7	EP_DO	1979		0,36864615	383,7
8	Taillis_CH	N/A		1,0967666	
9	EP_DO	1995	8R_8V_8P_8V	1,88784748	329,5
10	HE_CR	2003	32V	0,26317016	85,2
11	EP_DO	2003	32B2_32P	0,66808176	91,2

## 2.4 Comparaison

L'analyse statistique met en évidence des niveaux de concordance variables entre les estimations issues du LiDAR et les mesures de terrain pour trois variables dendrométriques clés (tab.3) : le volume sur pied à l'hectare, le nombre de tiges à l'hectare et la surface terrière.

Tableau 3 Résultats des tests de corrélation et de Student et des calculs de biais et d'erreurs quadratique moyenne, absolue moyenne et relative moyenne entre le LiDAR et l'inventaire de terrain

Variable comparée	Corrélation de Pearson (r)	p-valeur de la corrélation	p-valeur du test t apparié	Biais moyen	Erreur absolue moyenne	Erreur quadratique moyenne	Erreur relative moyenne (%)
Volume LiDAR (v_lid) vs Terrain (v_ifa)	0,908	8,03E-15	0,1005	-16,15 m <sup>3</sup> /ha	45,48 m <sup>3</sup> /ha	59,71 m <sup>3</sup> /ha	18,89
Nombre de tiges LiDAR (n_lid) vs Terrain (n_ifa)	0,457	0,00446	0,1022	-93,64 tiges/ha	241,12 tiges/ha	347,83 tiges/ha	26,8
Surface terrière LiDAR (g_lid) vs Terrain (g_ifa)	0,762	4,40E-08	0,00305	-3,60 m <sup>2</sup> /ha	5,79 m <sup>2</sup> /ha	7,69 m <sup>2</sup> /ha	18,9
Volume LiDAR point GPS (v_gps) vs Terrain (v_ifa)	0,919	1,11E-15	0,6777	-4,13 m <sup>3</sup> /ha	47,89 m <sup>3</sup> /ha	59,24 m <sup>3</sup> /ha	18,15

Le volume sur pied estimé par le LiDAR démontre d'une corrélation importante avec les données de terrain ( $r = 0.91$ ,  $p < 0.001$ ) ; ce qui indique une bonne cohérence globale entre les deux méthodes. Le biais moyen est de  $-16,15 \text{ m}^3/\text{ha}$ , mais cette différence n'est pas statistiquement significative ( $p = 0.10$ ), ce qui suggère qu'en moyenne, les deux méthodes donnent des résultats comparables. L'erreur quadratique moyenne (RMSE =  $59,71 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) et l'erreur absolue moyenne (MAE =  $45,48 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) restent néanmoins importantes.

Le nombre de tiges estimé par le LiDAR présente une corrélation plus modérée ( $r = 0.46$ ,  $p = 0.004$ ), avec une sous-estimation moyenne de  $-93,6 \text{ tiges/ha}$ . Bien que cette différence ne soit pas significative ( $p = 0.10$ ), les valeurs d'erreurs (Erreur absolue = 241, Erreur quadratique = 348) révèlent une importante dispersion des écarts.

Pour la surface terrière, la corrélation est forte ( $r = 0.76$ ,  $p < 0.001$ ), mais le test indique une différence moyenne significative entre les méthodes ( $p = 0.003$ ). Le LiDAR sous-estime en moyenne la surface terrière de  $-3,6 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

Enfin, la comparaison entre les volumes mesurés sur le terrain et les volumes extraits par LiDAR au point GPS exact de l'inventaire (plutôt que la moyenne de toute la parcelle) révèle une très forte corrélation ( $r = 0.92$ ,  $p < 0.001$ ) et une absence de différence significative ( $p = 0.68$ ). Cela confirme que les valeurs LiDAR extraites ponctuellement au sein des placettes sont représentatives et peuvent servir de référence précise lorsqu'une spatialisation plus fine est nécessaire.

Les graphiques (fig.6) permettent de comparer visuellement la qualité des estimations de volume à l'hectare fournies par les données LiDAR. Dans le premier graphique (a), représentant la comparaison entre les volumes LiDAR extraits au point GPS de l'inventaire et les volumes mesurés sur le terrain, la proximité des points verts (v\_gps) et bleus (v\_ifa) des deux courbes de tendance, montrent une très forte cohérence entre les deux sources de données. La dispersion relativement faible autour de la droite suggère une bonne précision du modèle LiDAR.

Dans le second graphique (b), qui compare cette fois la moyenne des volumes LiDAR par peuplement (v\_lid) aux volumes issus de l'inventaire (v\_ifa), la relation demeure forte. La courbe de

tendance associée aux données LiDAR (orange) se situe légèrement au-dessous de celle de l'inventaire terrain (bleu), traduisant une tendance générale à la sous-estimation du volume par le LiDAR.

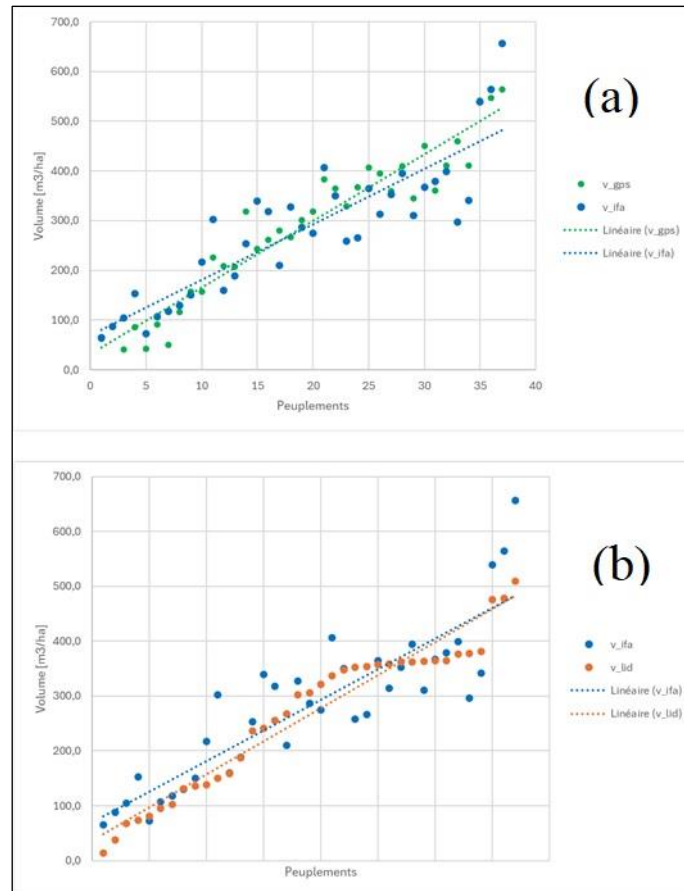


Figure 6 Comparaison des volumes (a) lidar au point gps vs inventaire terrain (b) lidar vs inventaire terrain

Le graphique boxplot (fig.7) présente la distribution des différences entre les valeurs estimées par LiDAR et celles mesurées sur le terrain pour trois variables dendrométriques : la surface terrière à l'hectare, le nombre de tiges à l'hectare et le volume à l'hectare. Pour la surface terrière, la médiane des écarts est proche de zéro et la dispersion est faible, ce qui semble indiquer une bonne concordance entre les deux méthodes et une absence de biais marquée, mais a été contredit par les tests précédents. En ce qui concerne le volume, la variabilité est un peu plus importante mais reste modérée, avec une tendance légère à la sous-estimation par le LiDAR, comme le suggère la médiane légèrement en dessous de la ligne de référence. En revanche, le nombre de tiges présente une distribution nettement plus étendue, avec plusieurs valeurs extrêmes, principalement négatives, traduisant une sous-estimation fréquente par le LiDAR et une instabilité plus marquée dans cette estimation.

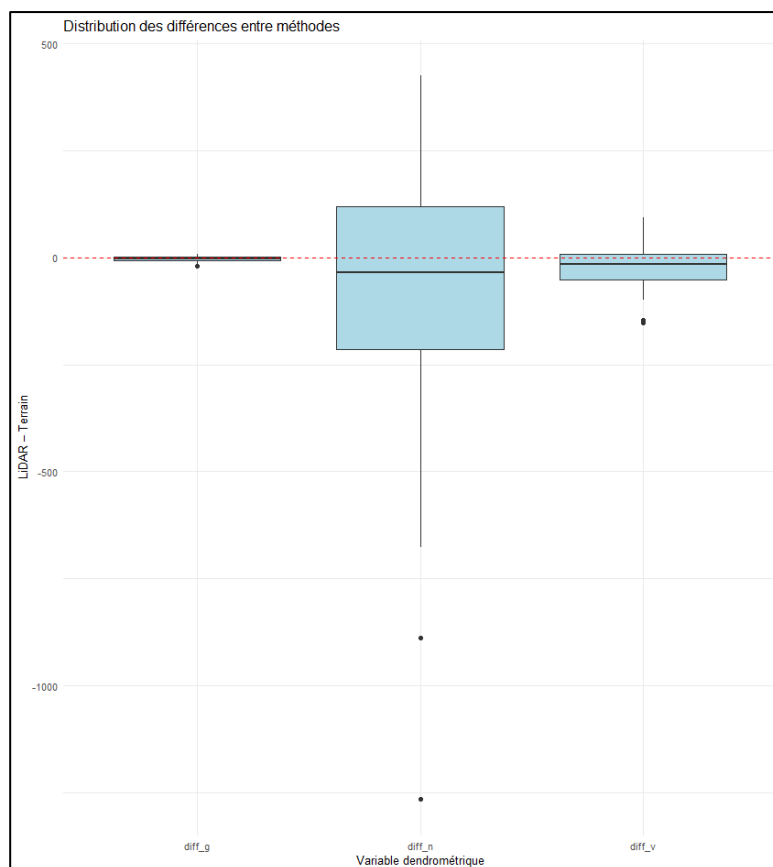


Figure 7 Boxplot de la distribution des différences des variables dendrométriques

### 3. Equilibre forêt-gibier

#### 3.1 Résultats méthode Brossier-Pallu / Hamard-Ballon

Résultats en pourcentage selon l'essence et le type de dégât pour le peuplement 35, soit la plantation de 4,51 hectares de 2023 (tab.4) :

Tableau 4 Pourcentage de tiges atteintes par type de dégât et par essence dans le peuplement 35

Dégâts	Total	Mélèze	Chêne	Epicéa
<b>Frottis</b>	17,2	26,7	6	0
<b>Abrouissement</b>	15,2	0,0	76	0
<b>Ecorçage</b>	0	0,0	0	0
<b>Mortalité</b>	13,6	18,7	0	12

Dans la plantation, les dégâts observés sont exclusivement imputables au chevreuil, comme en témoigne sans ambiguïté la hauteur caractéristique des abrouissements et des frottis. Ces derniers affectent principalement les mélèzes. Une proportion significative des arbres morts peut être expliquée par les dégâts de frottis antérieurs. Les chênes, quant à eux, se révèlent particulièrement sensibles à l'abrouissement : plus des trois quarts des plants présentent des pousses terminales broutées au moment du débourrement, et ce malgré l'application préalable d'un répulsif de type Trico. À l'inverse, les épicéas semblent relativement épargnés, ne manifestant pas de sensibilité particulière aux dégâts causés par le chevreuil.

Résultats pour le peuplement 1, soit la plantation de douglas et d'écicéas (tab.5) :

Tableau 5 Pourcentage de tiges atteintes par type de dégât et par essence pour le peuplement 1

Dégâts	Total	Douglas	Epicéa
Frottis	36,6	32,0	47,6
Abrouissement	0	0	0
Ecorçage	0	0	0
Mortalité	1,4	2,0	0

Les relevés effectués dans le peuplement 1 concernent en réalité deux plantations distinctes mais adjacentes : une plantation d'écicéa antérieure à 2005 et une plantation de Douglas établie en 2005. Bien que ces deux plantations ne constituent pas un peuplement mélangé au sens strict, elles sont ici considérées comme un ensemble homogène en raison de leur âge similaire et de leur proximité spatiale. Les relevés effectués montrent que les seuls dégâts observés sont des frottis, affectant 36,6 % des arbres au total. Les dommages sont à hauteur de 32% pour les douglas et 47% pour les écicéas mais la sévérité des frottis est plus importante sur les douglas.

### 3.2 Résultats fiche SRFB

Les résultats issus de la fiche d'évaluation SRFB appliquée aux peuplements 1,7 et 35 révèlent un niveau global de dégâts très faible à l'échelle de la propriété (tab.6) : moins de 0,1 % en régénération naturelle, 0,9 % en plantation, et 0,4 % dans les futaies âgées de 5 à plus de 40 ans. Le chiffre particulièrement bas en régénération naturelle (peuplement de mélèze 7) s'explique par sa faible représentativité dans la propriété ; dans les rares zones concernées, c'est particulièrement le sorbier qui subit les dégâts des brocards.

Tableau 6 Pourcentage de tiges atteintes par des dégâts de gibier pour la régénération naturelle, les plantations et les futaies par rapport à la totalité de la surface de la propriété

	Pourcentage de dégâts
Régénération naturelle	<0,1
Plantation	0,9
Futaies (5 à +40 ans)	0,4

En revanche, si l'on considère la moyenne des dégâts à l'échelle des plantations, comme le prévoit la méthodologie, les résultats varient significativement. Chaque essence présente dans le peuplement 35 doit alors être envisagée comme une plantation distincte. En adoptant cette approche, le taux moyen de dégâts atteint 10,8 % par plantation (chêne, mélèze et écicéa).

## 4. Plan de gestion

### 4.1 Analyse

#### 4.1.1 Informations générales

La propriété forestière présentée dans ce document simple de gestion appartient à la famille Bauvir-Cremer, à savoir Monsieur Jacques Bauvir et son épouse Madame Brigitte Cremer ainsi que leurs enfants François, Laurent et Marie Bauvir.

Les 86,3495 hectares (85,9 hectares de peuplements mesurés sur logiciel SIG) en propriété se situent sur les communes de Houffalize (divisions de Houffalize, Mabompré et Mont), et de Bastogne (divisions de Noville, Longchamps, et Bertogne) dans la province du Luxembourg en Belgique.

#### 4.1.2 Historique

L'ensemble forestier étudié résulte de l'agrégation progressive de trois origines foncières distinctes. Environ 37 hectares proviennent de successions ou donations issues des parents de Madame Brigitte Crémer, épouse de Monsieur Jacques Bauvir. En parallèle, quelque 44 hectares ont été transmis par succession ou donation par les parents de Monsieur Jacques Bauvir. Enfin, environ 4 hectares ont été acquis directement par le couple Jacques et Brigitte Bauvir.

#### 4.1.3 Parcellaire

Afin de rationaliser la propriété, les 135 parcelles cadastrales sont rassemblées en 47 peuplements homogènes en termes d'âge, d'essence(s) et d'itinéraire sylvicole. Ces peuplements sont numérotés de manière croissante du Nord au Sud selon le centre du peuplement. Ces 47 peuplements sont rassemblés de manière pratique selon leur disposition géographique en 18 compartiments nommés par un lieu-dit (tab.7 et Fig.8).

*Tableau 7 Parcellaire reprenant le lieu-dit, la numérotation, la/les essence(s), la date de plantation et la surface de chaque peuplement*

Lieu-dit	Numéros de peuplements	Essences	Année plantation	Surface (ha)
Sur les bouchis / Rimbie pré	1	DO_EP	2005	1,2
	2	TAILLIS CH	N/A	0,78
	3	FONDS	0	0,24
Sur le mareux	4	EP	1986	1,72
Devant va / Sur Hazy	5	EP_DO	1998	8,45
	6	HE	2001	0,55
	7	MZ	1967	2,27
	8	MZ	2012	0,71
Chavesart	9	CH	1943	0,48
	10	EP_DO	2003	8,17
	11	DO	1988	0,4
Les longs chayons	12	DO	1960	0,58
	13	DO	2002_2004	1,89
	14	EP_DO	1995	0,66
La Quistion	15	EP	1987_1993	3,56
Cawée Hesse / Bienche	16	EP_DO	1998	0,29



Fochalle de Bienche / Pod la Bienche / Au Moirset	17	EP_DO_MZ	1994	8,59
	18	DO	1994	0,41
	19	EP_DO	2012	2,68
	20	EP(_MZ)	2012	0,29
	21	EP_DO	1994_1995	1,46
	22	TAILLIS_AX	2009	0,4
	23	EP	1998	0,47
	24	EP_DO	2004	0,54
Ranson au-dessus de la croix Magien / Lais Pod La Li Fond del Laude	25	EP	1997	1,04
	27	TAILLIS	N/A	0,19
	28	FONDS	0	0,42
Dri le Thier	26	EP_EK_DO	1980	2
Thier de Fumertin	29	FONDS	0	2,08
Le long du pré Colas	30	EP	1980_1992	0,29
Derrière le bois de la Hez / Devant la Sartre / Devant le bois brûlé	31	EP	1964_1969	3,53
	32	EP	1992	0,39
	33	FONDS	0	1,08
	34	EP_DO	2014	1,58
	35	CS_EP_MH_CHT	2023	4,51
	37	EP	1989_1992	2,22
	38	CH	N/A	0,48
	39	EP	1989_1992	3,31
E. Morle	36	EP_MZ	1964	0,26
Barbeumont	40	HE_DO	1989	0,92
	41	EP_DO	1999	0,44
Drie Rifoix / Nom de Falize	42	EP	1970	1,36
Zémont à Wayai / Zémont so les Colhais	43	HE	2004	0,29
	44	EP	1988	3,93
	45	DO	2004	7,95
	46	HE	2004	0,45
Sous la voie du moulin	47	DO	2003	0,41





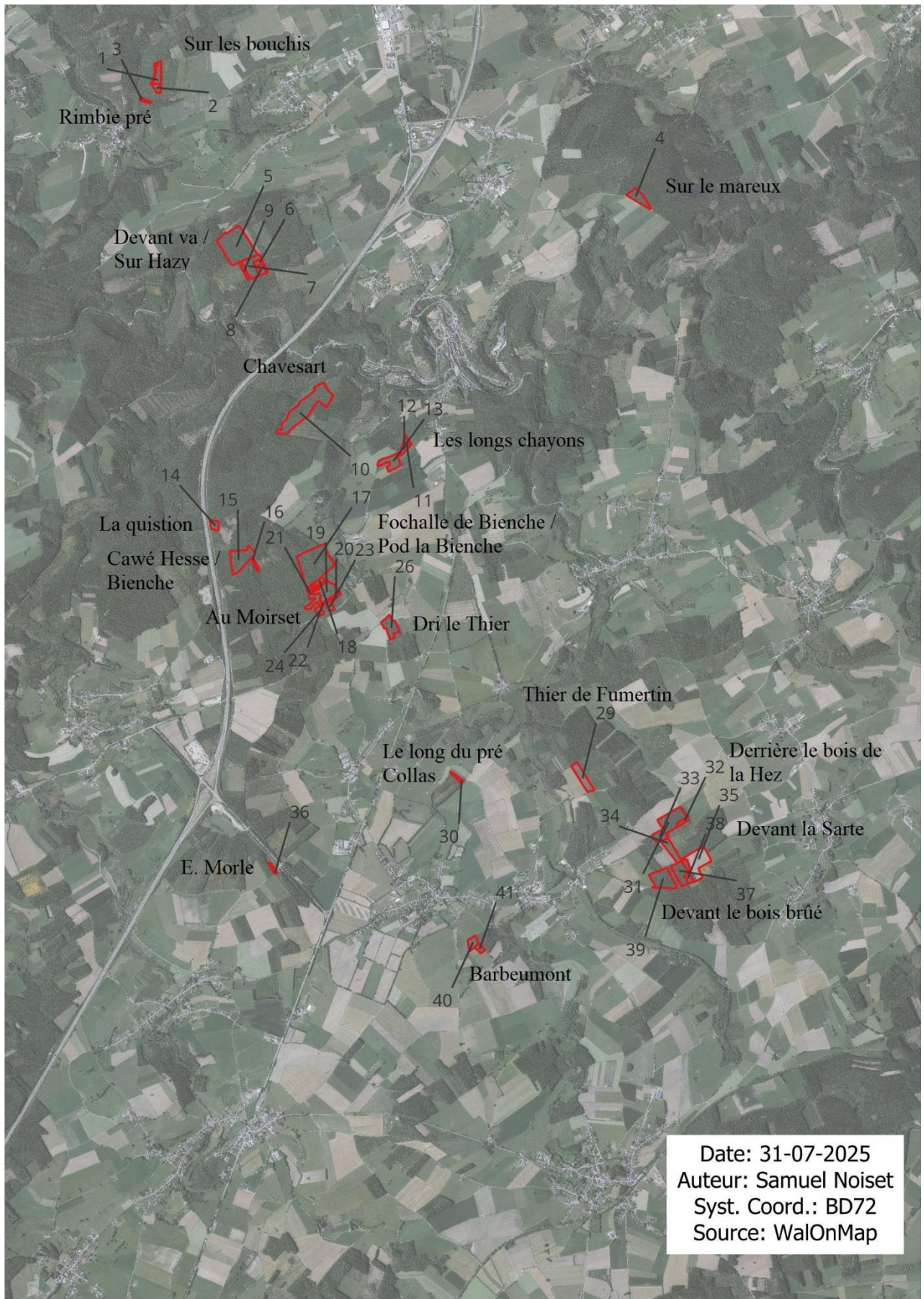


Figure 8 Parcellaire

La répartition des peuplements selon leur surface montre une forte fragmentation, avec une majorité de parcelles inférieures à un hectare (fig.9).

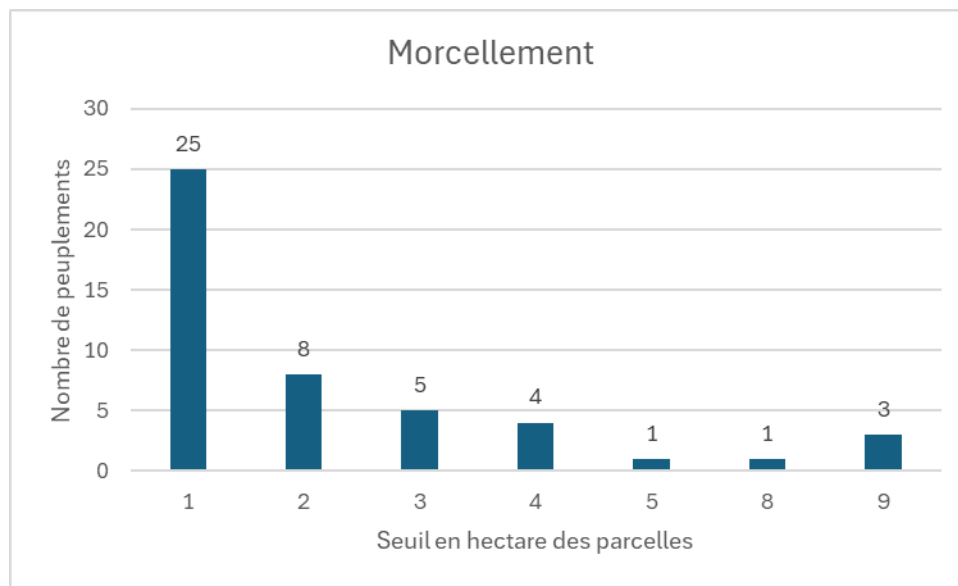


Figure 9 Morcellement de la propriété

La structure forestière (fig.10) de la propriété est largement dominée par les résineux, qui couvrent 85 % des surfaces, tandis que les peuplements feuillus, mixtes et les fonds représentent respectivement 4 %, 6 % et 5 %. L'analyse plus fine des essences présentes confirme l'hégémonie des résineux, avec une forte présence d'épicéa, de douglas et du mélange de ces deux essences pour plus de 78%. Nous retrouvons ensuite du mélèze et, de façon très marginale, de l'épicéa de Sitka. Les feuillus sont très minoritaires, avec des surfaces marginales pour les chênes, hêtres, aulne et de taillis de chêne.

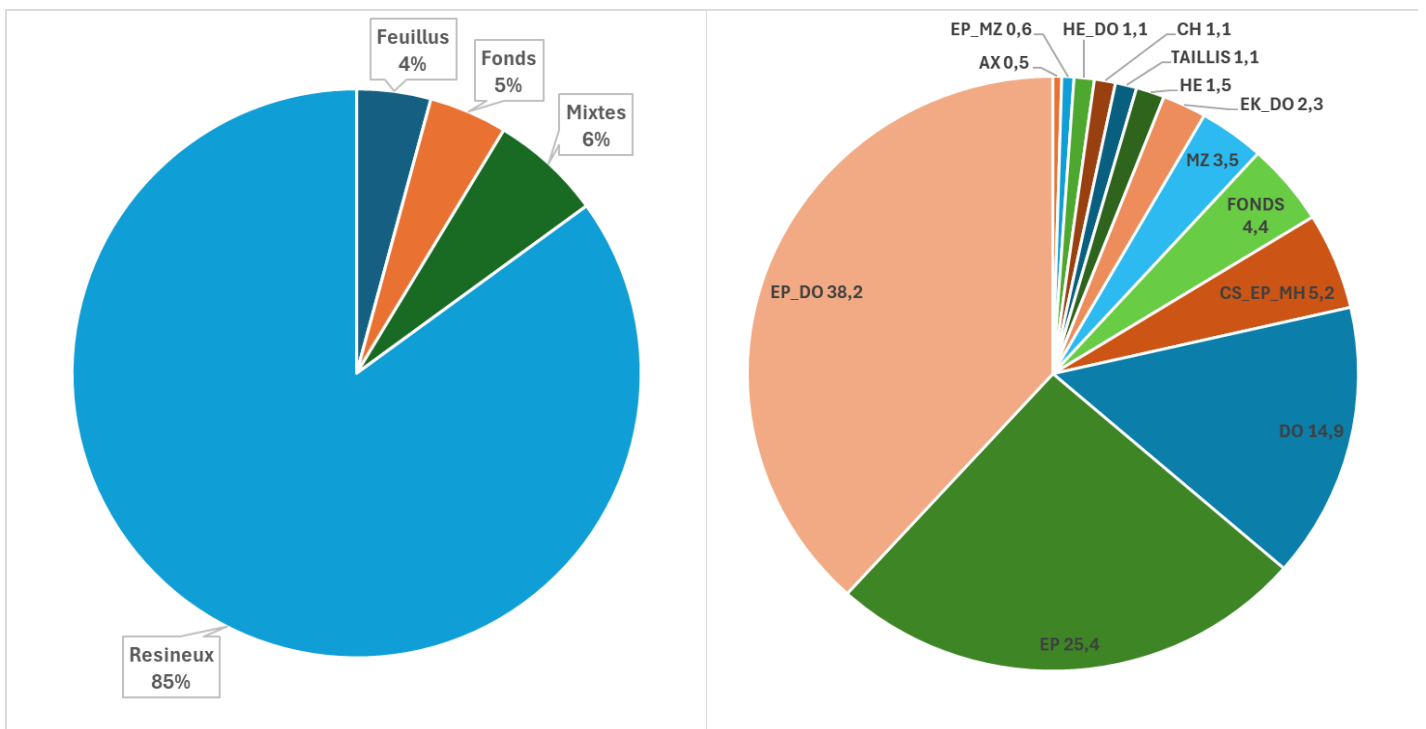


Figure 10 Répartition des types de peuplements (gauche) et des essences par peuplements (droite)

La répartition en classes d'âges (fig.11) montre une structure globalement jeune, concentrée entre 20 et 39 ans, représentant plus de 60 % de la surface. Ces plantations datent donc pour la plupart des années 1990' et 2000'. Ce profil de peuplements jeunes répond à des objectifs de production à moyen et long terme.

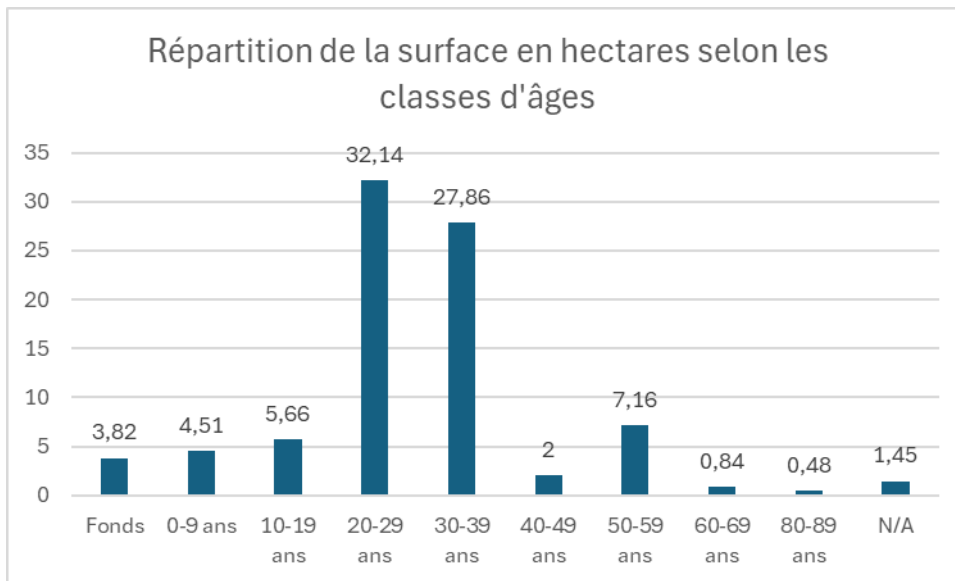


Figure 11 Répartition de la surface (ha) selon les classes d'âges des peuplements

La répartition par classes de diamètre (fig.12) confirme la jeunesse des peuplements, avec une majorité de la surface occupée par des petits bois (PB, 44,4 %) et des moyens bois (BM, 18,1 %). Une classe supplémentaire, celle des très petits bois (TPB), a été ajoutée afin de mieux refléter la réalité observée sur le terrain. Elle correspond aux arbres atteignant tout juste le seuil d'inventaire, fixé à 35 cm de circonférence, soit environ 11 cm de diamètre. L'ensemble constitué des très petits et petits bois représente ainsi plus de 60 % de la surface forestière, traduisant un stade de développement encore relativement jeune. Le seul peuplement contenant des gros bois est le numéro 38, constitué majoritairement de chênes. Toutefois, la circonférence moyenne y est atténuée par la présence d'individus plus jeunes, ce qui diminue la moyenne générale du peuplement.

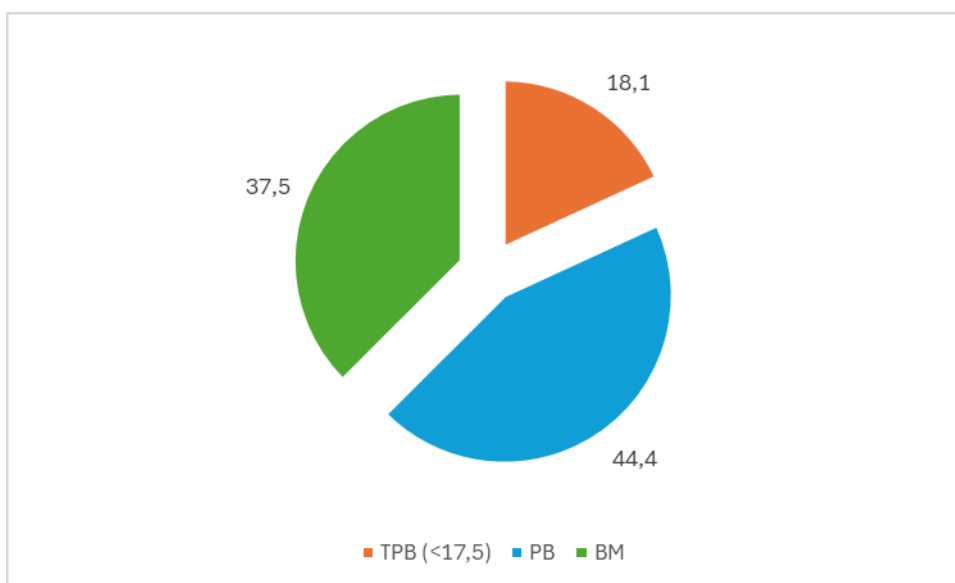


Figure 12 Pourcentage de surface de chaque classes de diamètre

#### 4.1.4 Analyse stationnelle

Le relief de la propriété présente une topographie modérément vallonnée, avec des altitudes comprises entre 329 et 488 mètres. L'altitude moyenne s'élève à 434 mètres, ce qui situe les peuplements dans les zones bioclimatiques de basse et moyenne Ardenne, et majoritairement en Ardenne centro-orientale (fig.13).

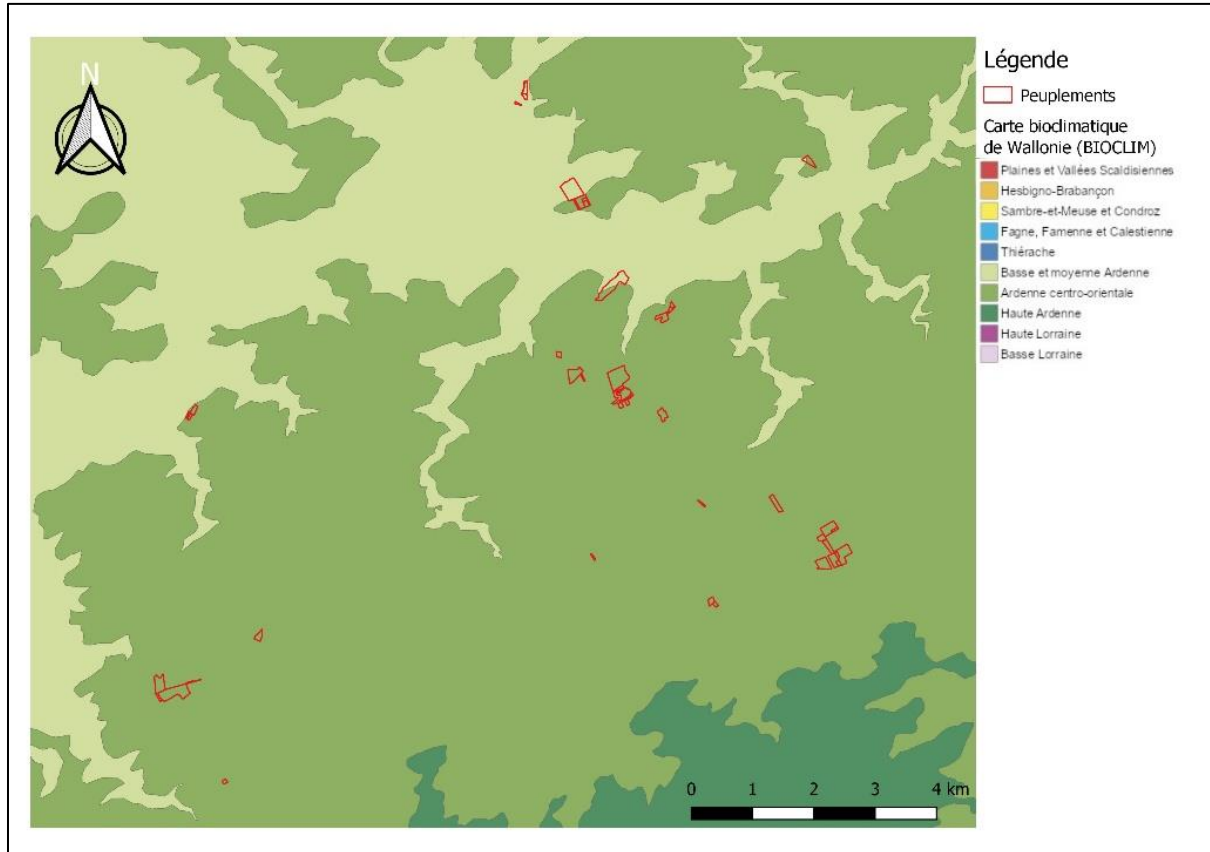


Figure 13 Carte bioclimatique de la propriété

Les données climatiques relevées par l'Institut Royal de Météorologie (IRM) à Houffalize sur la période de référence 1991–2020 indiquent un climat caractéristique de l'Ardenne, marqué par une pluviométrie régulière et des températures modérées (fig.14). On y enregistre en moyenne 149,1 jours de précipitations supérieures à 1 mm par an, dont 29,6 jours avec plus de 10 mm. La température annuelle moyenne s'élève à 8,3 °C, inférieure à celle observée à Uccle (9,8 °C), avec des moyennes saisonnières de 12,7 °C pour les températures maximales et 4 °C pour les minimales. La période de végétation est relativement courte, s'étendant du 8 juin au 27 août, et encadrée par des risques de gel tardif (dernier gel le 8 mai) et précoce (premier gel le 15 octobre). Les jours de chaleur, définis par des températures maximales dépassant 30 °C, sont plus rares (3,9 jours en moyenne par an) (KMI, s.d.).

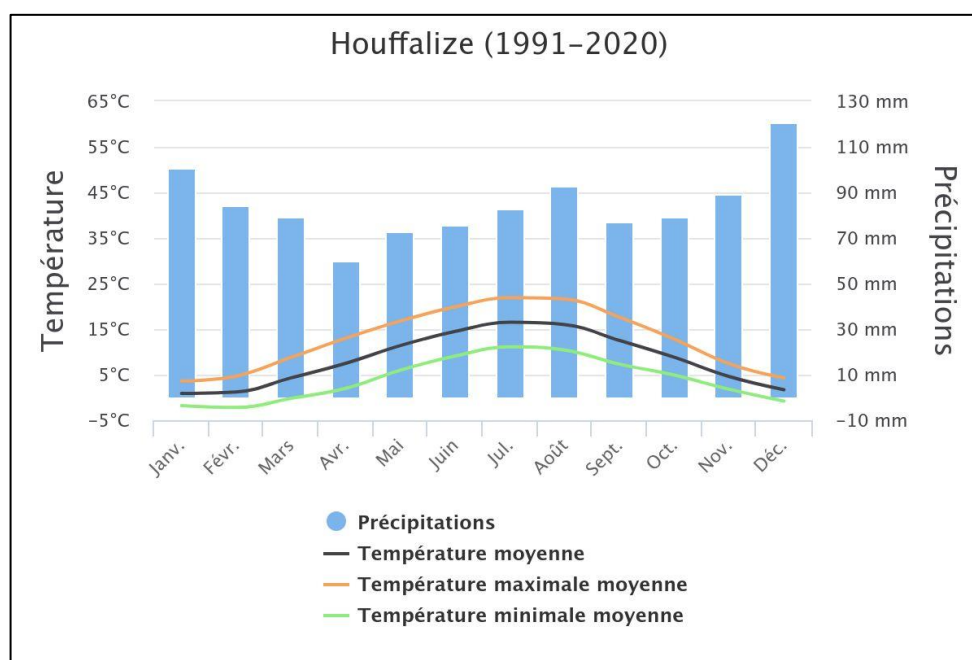


Figure 14 Données météorologiques sur la période 1991-2020 à Houffalize (IRM, meteo.be)

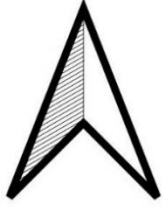
Dans un contexte de changement climatique, ces conditions sont appelées à évoluer sensiblement. Les tendances observées à Uccle depuis 1981 révèlent une augmentation de deux jours d'été (températures >25 °C) et d'un jour de chaleur (>30 °C) par décennie. À l'horizon de la moitié du XXIe siècle, on peut s'attendre à la survenue d'au moins une vague de chaleur estivale chaque année, caractérisée par cinq jours consécutifs au-dessus de 25 °C, dont au moins trois dépassant les 30 °C. Cette intensification thermique pourrait être plus marquée encore dans les régions méridionales du pays, telles que l'Ardenne et la Gaume, en raison de leur éloignement relatif de l'influence océanique modératrice (Climat.be, s.d.).

L'analyse pédologique de la propriété révèle une forte homogénéité (tab.8 et fig.15), avec une prédominance marquée des sols limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse et à drainage naturel quasi exclusivement favorable, qui couvrent 88,4 % de la surface. Ce type de sol, typique des zones ardennaises, offre généralement de bonnes conditions de portance et une fertilité modérée à satisfaisante, adaptée à la production résineuse. Les autres types de sols restent très marginaux, notamment les sols limoneux bien drainés (7,3 %) et les sols à drainage plus modéré (1,5 %). La présence ponctuelle de complexes hétérogènes ou de fonds de vallons (1,3 %) n'influent que faiblement sur la gestion globale.

Tableau 8 Répartition en pourcentage surfacique des types de sols rencontrés

Types de sols rencontrés	Pourcentage surfacique
Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailleux	1,3
Sols non cartographiés	0,4
Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel favorable	7,3
Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre	1,5
Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable	1,0
Sols limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable	88,4





Gbbfi2



Gbbfi0\_1



Gbbfi2



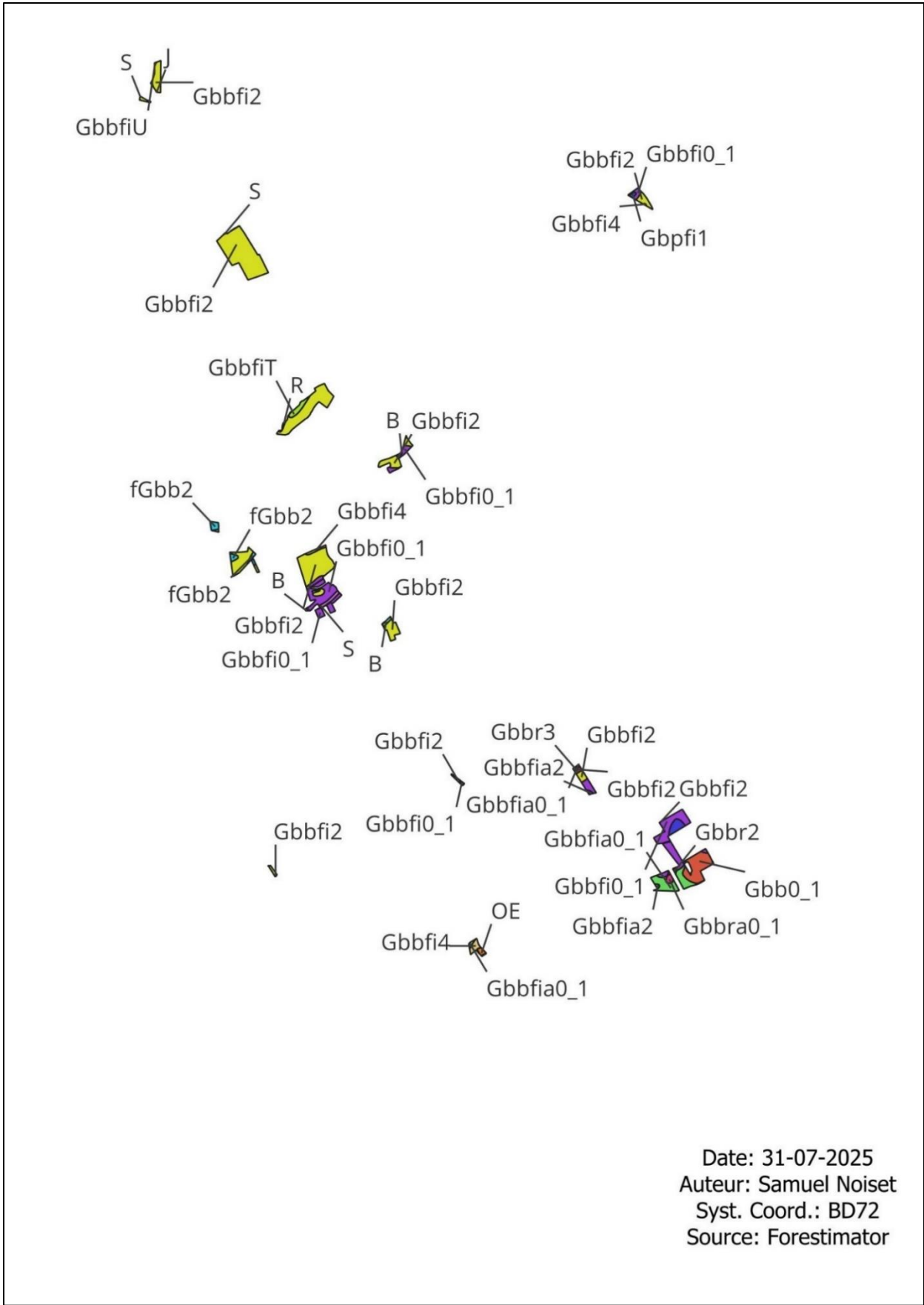
Gbbfi2

Gbbfi0\_1



Gbbfi2





Date: 31-07-2025  
 Auteur: Samuel Noiset  
 Syst. Coord.: BD72  
 Source: Forestimator

Figure 15 Carte des types de sols rencontrés sur la propriété

La répartition des stations forestières (tab.9 et fig.16) met en évidence une nette dominance des plateaux, en particulier des sols peu profonds, qui couvrent à eux seuls près de 45 % de la surface. Les sols profonds des plateaux représentent également une part significative de près d'un quart des stations, tandis que les versants frais pauvres constituent 17,53 % du territoire. Les autres types stationnels, tels que les vallons frais, versants chauds ou sols à régime hydrique alternatif, occupent des proportions beaucoup plus réduites. Les stations humides (marais, sources et terrasses alluviales) ainsi que les stations non définies demeurent très marginales.

Tableau 9 Répartition en pourcentage surfacique des types de stations rencontrées

Stations rencontrées	Pourcentage surfacique
Versants chauds au sol superficiel	0,05
Marais et sources	0,28
Non définis	0,44
Terrasses alluviales humides	0,85
Sols superficiels des plateaux	1,25
Sols bruns à régime hydrique alternatif	1,52
Versants frais riches	1,65
Versants chauds	2,51
Vallon frais	3,21
Versants frais pauvres	17,53
Sols profonds des plateaux	25,84
Sols peu profonds des plateaux	44,88

L'aptitude stationnelle des peuplements en place est globalement satisfaisante, la majorité d'entre eux se situant en conditions d'optimum ou de tolérance pour les essences présentes. Toutefois, certaines inadéquations localisées sont à signaler pour quelques essences majeures. L'épicéa se trouve en situation d'exclusion sur trois zones restreintes correspondant aux peuplements 4 (corroboré par la mort d'arbres scolytés), 17 et 41. Le Douglas, quant à lui, ne présente aucune contre-indication stationnelle sur l'ensemble de la propriété. Les mélèzes du peuplement 7 sont en situation d'exclusion sur une petite portion localisée au sud de la parcelle. Concernant le hêtre du peuplement mixte 40, il se trouve en tolérance élargie. Enfin, le chêne pédonculé est également en tolérance élargie dans les quatre peuplements où il est présent, avec des zones ponctuelles en exclusion, notamment dans les peuplements 2 et 9.

Les recommandations de plantation, et la vulnérabilité des peuplements qui en découle, reposent sur l'adéquation stationnelle actuelle croisée avec les projections climatiques à moyen et long termes. Dans le cadre de l'évaluation du passage potentiel à la sylviculture à couvert continu, l'analyse des essences dominantes telles que l'épicéa, le douglas et le mélèze constitue une priorité. Pour l'épicéa (figure 17a), l'histogramme montre une nette concentration des pixels autour des classes 5 et 3, correspondant respectivement à des zones « déconseillées au vu des risques climatiques trop importants » et à celles où l'essence « convient actuellement mais présente des risques à long terme ». Ces résultats traduisent une vulnérabilité marquée de l'épicéa face aux évolutions climatiques, justifiant une prudence accrue quant à son maintien ou sa reconduction. À l'inverse, le douglas (figure 17b) apparaît très majoritairement en classe 1, soit dans la catégorie « conseillée », ce qui confirme sa bonne adéquation écologique actuelle et son intérêt dans une stratégie de gestion résiliente. Le mélèze hybride, quant à lui, se trouve dans une position comparable à celle du douglas.

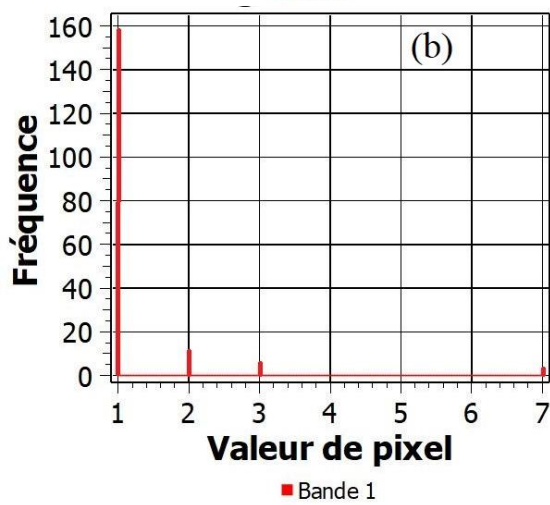
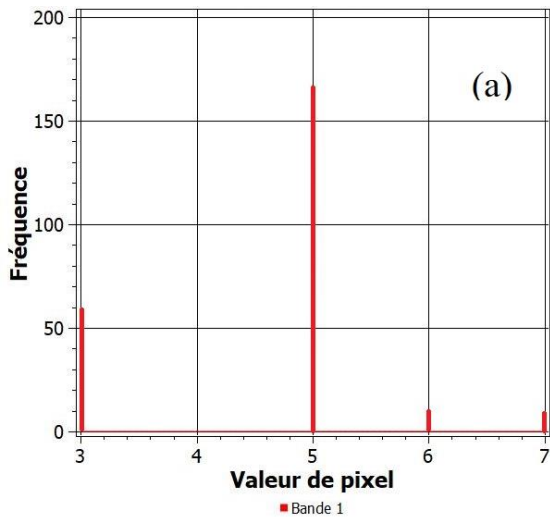
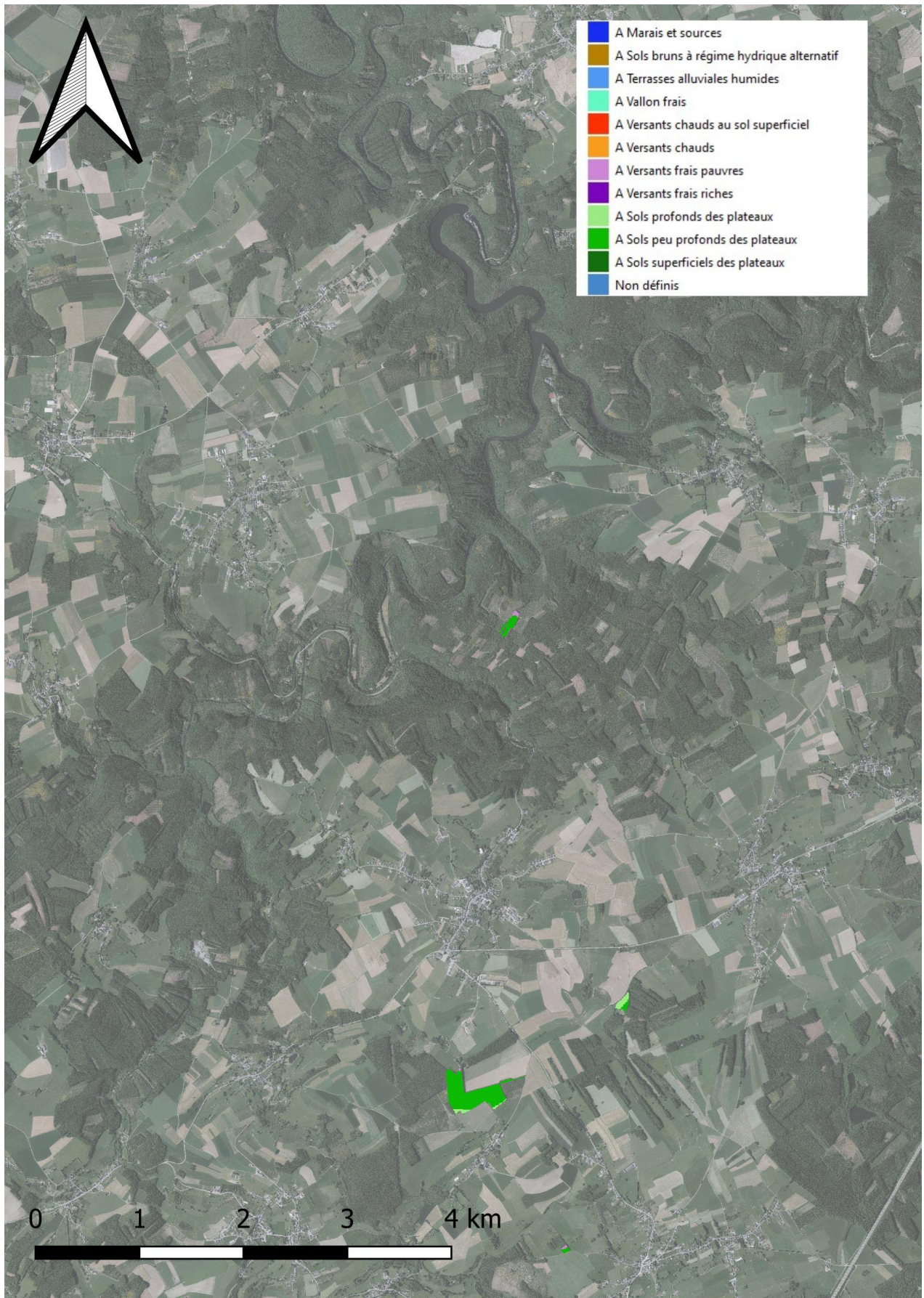


Figure 16 Histogramme de la fréquence des valeurs de pixel, valeurs se reportant aux niveaux de recommandation pour l'épicéa (a) et pour le douglas (b) sur la propriété





Date: 31-07-2025  
Auteur: Samuel Noiset  
Syst. Coord.: BD72  
Source: WalOnMap

Figure 17 Carte des stations forestières de la propriété

## 4.2 Décisions

### 4.2.1 Définition des secteurs

L'objectif principal des propriétaires est la production de bois de qualité, dans une perspective de durabilité à long terme. Cette ambition implique nécessairement le maintien d'un écosystème forestier sain et résilient, capable de faire face aux défis posés par le changement climatique. Dans cette optique, les propriétaires ont engagé une transition vers une gestion forestière plus diversifiée, tant sur le plan des essences que sur celui de la structure des peuplements.

La sélection des peuplements potentiellement orientables vers la sylviculture mélangée à couvert continu (SMCC) repose sur une démarche décisionnelle structurée, illustrée par l'arbre de décision ci-contre (fig.18). Celle-ci débute par l'analyse de l'aptitude stationnelle des essences en place (annexe 9.2), suivie d'un examen de leur vulnérabilité et des recommandations de plantation issues du guide des stations forestières de Wallonie. Si ces conditions sont réunies, la démarche se poursuit par l'évaluation de l'effectif d'individus disponibles, puis de leur qualité physiologique et sanitaire. Ce n'est que si l'ensemble de ces critères est satisfait que le peuplement est retenu pour un passage à la SMCC. Dans le cas contraire, une gestion selon les principes de la sylviculture conventionnelle, de type équienne, est maintenue. Cette approche permet d'intégrer à la fois les contraintes écologiques, la résilience du peuplement et son potentiel de renouvellement naturel.

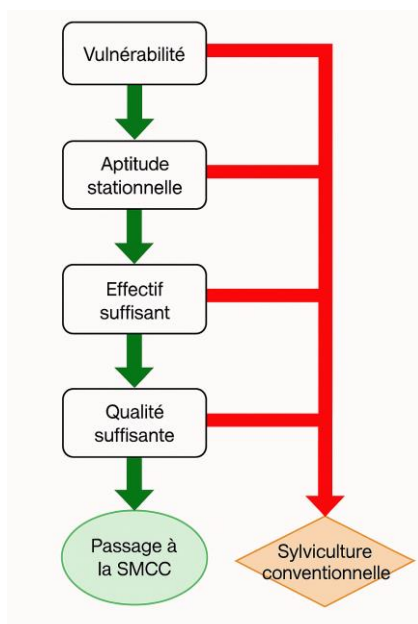


Figure 18 Arbre décisionnel pour l'orientation du mode de gestion sylvicole

A l'issue de l'analyse de chaque peuplement, ceux-ci sont attribués à un des six objectifs sylvicoles pour la production de bois, appelés « secteurs » (tab.10 et fig.19) :

Tableau 10 Noms et codes des secteurs, numéros des peuplements et surfaces concernées

Nom et code du secteur	Numéro de peuplement	Surface concernée (ha)
L'entretien de futaie résineuse régulière (EG3R)	4/5/14/15/16/17/19/20/21/23/ 25/30/31/32/34/36/37/39/41/ 42/44	46,52
La transformation en futaie résineuse irrégulière (TG3I)	1/7/8/10/11/12/13/18/24/26/45/ 47	26,53
L'entretien de futaie feuillue régulière (EG1R)	22/43	0,69
L'entretien de futaie feuillue irrégulière (EG1I)	2/9/27/38	1,93
La transformation en futaie feuillue irrégulière (TG1I)	46/6	1
La transformation en futaie mixte irrégulière (TG4I)	40	0,92
Fonds et plantations	3/28/29/33 35	8,33

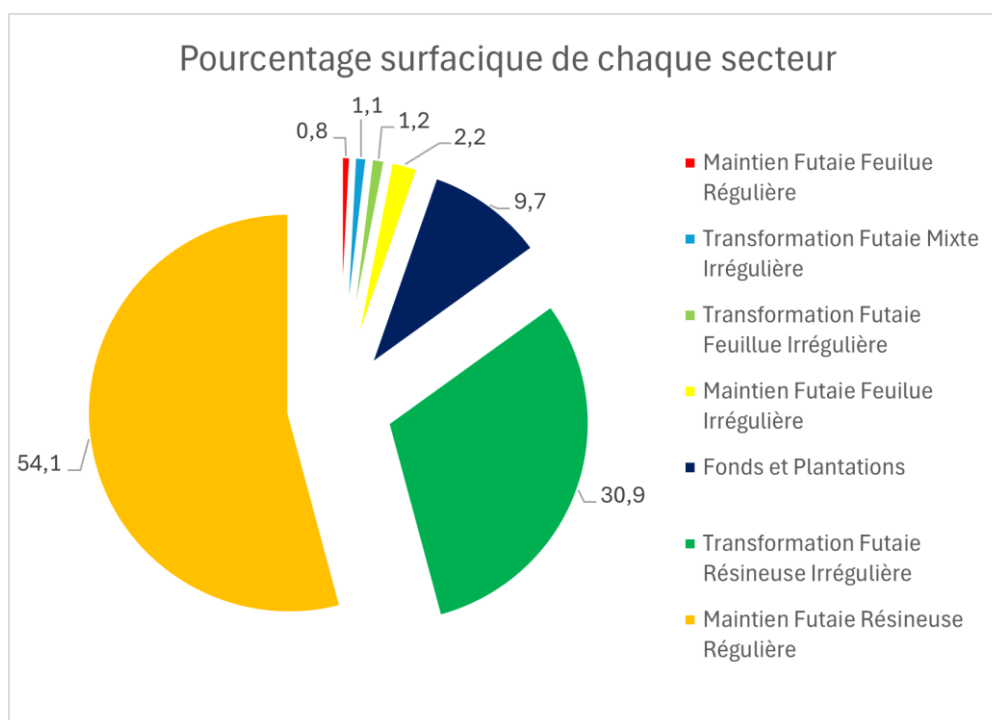


Figure 19 Pourcentage surfacique de chaque secteur

#### 4.2.2 Objectifs par secteurs

##### 1) Maintien de la futaie résineuse régulière (EG3R)

Le maintien d'une sylviculture épicéenne classique sur plus de la moitié de la surface productive s'explique principalement par la forte dominance de l'épicéa commun, conjuguée à l'absence ou à la proportion trop faible d'essences mieux adaptées aux conditions climatiques futures, cela ne permet pas, à ce stade, d'envisager une transition vers une gestion en couvert continu. En l'absence d'un nombre



suffisant d'individus en place capables de résister efficacement au changement climatique, la poursuite d'un itinéraire conventionnel reste la seule option viable à court et moyen termes.

Dans ce cadre, la rotation sylvicole retenue est de six ans, avec un cycle se clôturant par une coupe rase une fois les dimensions d'exploitabilité moyennes atteintes (tab.11). Les éclaircies successives privilégieront l'élimination des arbres déperissants (atteints de scolytes), des chablis, des sujets fourchus ainsi qu'une sélection par le bas visant à ne conserver que les plus beaux individus afin de constituer un lot final homogène.

Dans les peuplements mélangés épicéa–douglas, une attention particulière sera portée au douglas, espèce présentant une meilleure résilience climatique. Les plus beaux sujets seront sélectionnés pour un élagage à grande hauteur (6 à 8 mètres), afin de favoriser la formation de billes de pied de qualité. Cette opération devra être réalisée rapidement pour permettre à l'arbre de produire une quantité suffisante de bois sans nœuds. En considérant un arbre de qualité tous les 20 x 20 mètres, cela représente environ 25 élagages par hectare.

Les essences présentes dans ce secteur sont dominées par l'épicéa commun, qui constitue l'essentiel des peuplements. Le douglas est également présent, principalement au sein de peuplements mélangés avec l'épicéa, mais en proportion trop faible pour permettre, à ce stade, une réelle inflexion sylvicole vers une gestion résiliente. De même, quelques individus de mélèze sont observés dans les peuplements 20, 36 et 17, mais leur nombre limité ne permet pas non plus d'envisager une orientation spécifique en faveur de cette essence.

Tableau 11 Dimensions objectifs des essences concernées

Essence	Circonférence objectif (cm)	AMC (cm/an)	Âge objectif (ans)
Epicéa	120	1,8	66
Douglas	200	2,6	77
Mélèze	180	2,5	72

L'analyse de la hauteur dominante en fonction de l'âge des peuplements permet de situer leur productivité entre les classes 3 et 1, traduisant un potentiel de croissance globalement satisfaisant. Les nouvelles normes sylvicoles de référence pour les peuplements purs, équiennes, en épicéa et en douglas de classe 2 sont reprises en annexe 9.3.

## 2) Maintien de la futaie feuillue régulière (EG1R)

Il s'agit principalement du peuplement d'aulnes, pour lequel la méthode de l'arbre objectif, fondée sur la désignation et le détournement, s'avère particulièrement adaptée. Les meilleurs individus doivent être rapidement identifiés sur base de leur rectitude, puis élagués si nécessaire sur une hauteur de 6 à 8 mètres afin de favoriser la production de bois de qualité. Compte tenu de l'hétérogénéité naturelle du peuplement, il convient de sélectionner tous les individus présentant un bon potentiel morphologique. Le premier détournement, visant 80 à 100 arbres par hectare au maximum, doit être marqué par une intervention forte et précoce, idéalement avant l'âge de 20 ans (maximum 2029) en supprimant 3 à 4 concurrents dans le rayon immédiat de l'arbre cible, afin de garantir un développement optimal du houppier. Ce détournement pourra être réitéré à un rythme de trois puis six ans, en fonction de l'évolution de la couronne (Claessens, 2005).

### 3) Transformation en futaie irrégulière résineuse, feuillue, mixte (T-G1-G3-G4-I)

Le passage à la sylviculture mélangée à couvert continu (SMCC) vise à la production continue de gros bois de qualité. Le travail ne s'effectue pas en plein mais par pied. On distingue trois types de coupes (Sanchez, 2022) :

01. la coupe d'amélioration : vise à améliorer les conditions de croissance des meilleurs individus
02. la coupe de récolte : coupe des gros bois arrivés à maturité, aux dimensions objectifs
03. la coupe de régénération : suppression des arbres gênant la croissance des semis

L'utilisation de la surface terrière (fig.20) est plus pratique en peuplement irrégulier pour estimer la densité du couvert. Travailler sur la surface terrière permet d'assurer le bon fonctionnement de peuplement autant en termes de production de bois, que de qualité d'humus, ou encore de développement de la régénération.

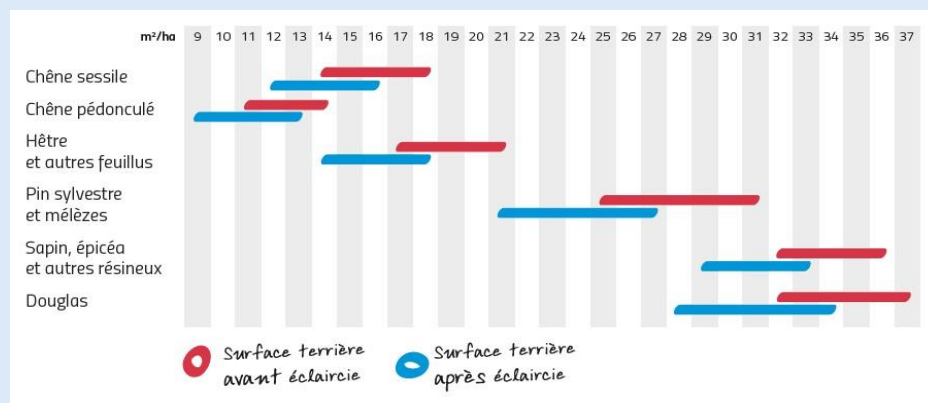


Figure 20 Surfaces terrières objectives avant et après éclaircie par essence (Sanchez, 2022)

L'exploitation des gros bois ne repose pas sur un critère d'âge, mais uniquement sur l'atteinte d'une dimension cible correspondant à la qualité exigée (fig.21). Les arbres de meilleure qualité morphologique se verront attribuer une dimension-objectif plus élevée, tandis que ceux de qualité inférieure pourront être récoltés à des dimensions moindres.

ESSENCE	QUALITÉ DE LA BILLE DE PIED			
	Billon d'au moins 3 mètres de A	Billon d'au moins 3 mètres de B	C	D
Chêne et hêtre	240-300	230-280	180-230	Le plus tôt possible s'il ne joue pas un rôle de protection, écologique ou paysager
Hêtre (si risque de cœur rouge)	200-240	200	180	
Frêne (Condroz)	180-200	150-180	150	
Érable sycomore	200	180-200	150	
Aulne, bouleau	170-180	120-140	110-120	
Merisier	210-230	180	150	
Douglas, mélèze	240-300	210	150	
Épicéa	210-240	150	120-140	

Figure 21 Diamètres objectifs par essence et qualité (Sanchez, 2022)

L'irrégularisation des peuplements a lieu lors du martelage. Celui-ci doit être modéré mais régulier afin d'atteindre un prélèvement d'une surface terrière optimale au peuplement, soit 4 à 7 m<sup>2</sup>/ha maximum ou 25% de la surface terrière initiale. Les premiers martelages doivent prélever des bois de toutes les grosseurs afin de créer de la variabilité dans les diamètres et de garder une réserve des bois bien conformés de l'ordre de 100-140 individus. Il peut être intéressant de désigner physiquement les AO par un marquage et/ou un élagage.

Parmi les situations rencontrées, les peuplements 7 et 8 sont constitués de plantations de mélèze. Le peuplement 7, planté en 1967, présente déjà une régénération naturelle diversifiée, comprenant du chêne, du bouleau, du hêtre, du mélèze, de l'épicéa et du sorbier, malgré une surface terrière supérieure à 29 m<sup>2</sup>/ha. Afin de permettre la réalisation des deux prochaines éclaircies (environ 5 m<sup>2</sup>/ha chacune), des layons d'exploitation doivent être réouverts. Dès la première éclaircie, il sera nécessaire d'intervenir sur la régénération pour réduire la pression exercée par l'épicéa sur les autres essences.

Le peuplement 8, planté en 2012, peut déjà faire l'objet d'une première désignation par élagage en hauteur des plus beaux individus. La lisière est de la parcelle présente une régénération naturelle intéressante, composée de bouleaux, de chênes et de sorbiers. Ces jeunes tiges ont été dépressées en même temps que la plantation principale et mises à distance. Il conviendra d'y identifier des arbres objectifs afin de favoriser la biodiversité et diversifier la composition du peuplement.

Par ailleurs, les autres peuplements proposés pour un passage progressif à la futaie irrégulière sont composés de douglas en quantité suffisante pour permettre à terme une régénération de qualité. L'irrégularisation s'appuiera sur la sélection des plus beaux individus comme expliqué ci-dessus, toutes classes de diamètre confondues. Ces peuplements présentent d'ores et déjà un gradient de qualité entre les tiges, notamment en termes de rectitude, de branchaison, de croissance ou de dégâts de gibier.

Le peuplement mixte n°40, composé de douglas et de hêtres, doit être géré selon les mêmes principes. Actuellement, le couvert dense empêche toute installation de régénération naturelle. Les interventions prioritaires consistent à réaliser l'élagage des douglas, en particulier des plus beaux individus sur une hauteur suffisante (opération qui n'a encore jamais été effectuée) ainsi qu'à procéder à une éclaircie ciblée dans les hêtres. La plantation initiale des hêtres en pleine lumière a entraîné une fourchaison importante, ce qui limite fortement le nombre d'individus susceptibles de produire une bille de pied de qualité suffisante. Seule une faible minorité pourra donc répondre aux critères d'un objectif de production de bois d'œuvre.

Le cas du peuplement mixte 40 de douglas et de hêtres doit être géré de la même manière. Dans ce cas-ci le couvert dense empêche encore totalement l'arrivée de régénération naturelle. Les priorités sont l'élagage des douglas (en hauteur pour les plus beaux), qui n'a jamais été réalisé et éclaircir dans les hêtres en priorité. La plantation en pleine lumière des hêtres a entraîné une fourchaison importante. De ce fait, très peu d'individus seront capables de fournir une hauteur de fût minimale de bonne qualité.

Les peuplements 6 et 46 de hêtres purs doivent quant à eux faire l'objet de la désignation de tous les plus beaux individus. Le premier détournage peut se limiter à exploiter les individus de part et d'autre de l'arbre objectif dans la ligne de plantation. Les lignes étant assez larges, un détournage complet serait trop brutal et contre-productif pour l'élongation des arbres désignés.

#### 4) Maintien de futaie feuillue irrégulière (EG11)

Les trois peuplements feuillus irréguliers de la propriété sont d'anciens taillis de chêne, composés majoritairement de chênes pédonculés, et dans une moindre mesure de chênes sessiles. Du hêtre est également présent en sous-étage. Ces parcelles sont principalement destinées à la production familiale de bois de chauffage. Il est recommandé de prélever l'accroissement sous cette forme, tout en réalisant un passage à mi-rotation afin de suivre l'état sanitaire des peuplements. Une attention particulière doit être portée aux hêtres qui s'installent sous les houppiers de chêne et qui à terme, vont faire dépérir des branches charpentières de chênes. Il convient également d'intervenir dans la régénération naturelle d'épicéa, afin d'éviter qu'elle ne prenne le dessus. Le chêne pédonculé montre des signes de stress, en particulier dans le peuplement 9. Une mise en lumière additionnelle par éclaircie ne ferait qu'ajouter du stress à ces arbres. Là où il est présent, le chêne sessile, mieux adapté, devrait être favorisé, comme dans le peuplement 38.

## 4.3 Opérationnalisation

### 4.3.1 Tableau des coupes

Un tableau récapitulatif des coupes et travaux par peuplement, planifiés jusqu'en 2050, est présenté. Une proposition d'échéancier de coupes est présentée en annexe 9.4. Il couvre une période de 24 ans correspondant à quatre rotations sylvicoles : quatre cycles de six ans pour les peuplements résineux et deux cycles de douze ans pour les feuillus, auxquels s'ajoute une période intermédiaire de mi-rotation.

La répartition des coupes sur l'ensemble de la période d'aménagement repose ici sur un principe d'équi-surface (tab.12), c'est-à-dire une répartition homogène des surfaces concernées par les interventions chaque année. Ce choix ne reflète pas nécessairement une répartition équivalente des volumes récoltés. Cette approche vise avant tout une régularité des interventions sur le territoire, tout en restant adaptable aux réalités sylvicoles locales.

*Tableau 12 Synthèse de la possibilité par types de peuplements*

	Surface	Répartition de la propriété (% de la surface totale)	Eclaircies ha/an
Feuillus	3,62	4,2	0,3
Résineux	68,71	80,0	11,5
Fonds	3,82	4,4	
Plantation (<20ans)	9,77	11,4	

### 4.3.2 Tableau des travaux

Tableau 13 Tableau des travaux (hors coupes)

ID	Essences	Année plantation	Surface Ha	Description / Modalité
1	DO	2005	1,2	
2	TAILLIS	N/A	0,78	
3	FONDS	0	0,24	
4	EP	1986	1,72	Ajouter les scolytés à la coupe d'éclaircie
5	EP_DO	1998	8,45	Elagage des douglas élite
6	HE	2001	0,55	Elagage-Désignation des AO et dépressage dans la ligne
7	MZ	1967	2,27	Ouverture layon de débardage, premiers travaux dans la régénération après éclaircies
8	MZ	2012	0,71	Elagage désignation des AO
9	CH	1943	0,48	
10	EP_DO	2003	8,17	
11	DO	1988	0,4	
12	DO	1960	0,58	
13	DO	2002_2004	1,89	
14	EP_DO	1995	0,66	
15	EP	1987_1993	3,56	
16	EP_DO	1998	0,29	
17	EP_DO	1994	8,59	Suivi chablis
18	DO	1994	0,41	Elagage-Désignation des AO
19	EP_DO	2012	2,68	Elagage de pénétration
20	EP_MZ	2012	0,29	Elagage de pénétration
21	EP_DO	1994_1995	1,46	
22	AX	2009	0,4	Elagage-Désignation des AO et dépressage
23	EP	1998	0,47	
24	EP_DO	2004	0,54	
25	EP	1997	1,04	
26	EK_DO	1980	2	Elagage-Désignation des AO
27	TAILLIS	N/A	0,19	
28	FONDS	0	0,42	Plantation
29	FONDS	0	2,08	Plantation
30	EP	1980_1992	0,29	
31	EP	1964_1969	3,53	
32	EP	1992	0,39	
33	FONDS	0	1,08	Plantation
34	EP_DO	2014	1,58	Elagage de pénétration
35	CS_EP_MH	2023	4,51	Dégagement de la ligne de plantation et application TRICO sur les chêne
36	EP_MZ	1964	0,26	
37	EP	1989_1992	2,22	
38	CH	N/A	0,48	
39	EP	1989_1992	3,31	
40	HE_DO	1989	0,92	Elagage des douglas élite et dépressage dans les hêtre
41	EP_DO	1999	0,44	
42	EP	1970	1,36	Ajouter les scolytés à la coupe d'éclaircie
43	HE	2004	0,29	
44	EP	1988	3,93	
45	DO	2004	7,95	Elagage des douglas élite
46	HE	2004	0,45	Elagage-Désignation des AO et dépressage dans la ligne
47	DO	2003	0,41	Elagage des douglas élite

### 4.3.3 Plantations

Trois zones forestières verront la mise en place de plantations : le peuplement 3, situé sur un versant chaud, le peuplement 28, localisé sur des sols peu profonds de plateau, et le peuplement 33,

établi sur des sols profonds de plateau. Ces conditions stationnelles contrastées nécessitent une sélection rigoureuse des essences (tab.14) afin de garantir l'installation durable de peuplements résilients.

Le peuplement 29 correspond à un fond de bois situé en zone agricole, sur une ancienne parcelle d'épicéa mise à blanc en 2017 en raison de pourriture rouge. La station présente une certaine hétérogénéité, avec trois types de stations identifiées : des sols profonds, des sols peu profonds, et des sols superficiels de plateaux. Des essences qui pourraient s'avérer intéressantes dans ce contexte sont l'érable plane, l'érable sycomore et le tilleul à petites feuilles. Il sera essentiel de différencier le choix des essences en fonction de la topographie (tab.14), en adaptant la plantation entre le fond et les versants. Au vu de la situation de blocage par la végétation herbacée et arbustive, une intervention préalable de broyage est indispensable, suivie de la plantation.

Tableau 14 Essences conseillées selon les stations en Ardenne centro-orientale faiblement affectées ou « essences d'avenir » potentielles (Tossens & Claessens, 2024)

	Sols profonds des plateaux	Sols peu profonds des plateaux	Sols superficiels des plateaux	Versants chauds
Feuillus	Bouleaux verruqueux	Bouleaux verruqueux	Bouleaux verruqueux	Alisier torminal
	Chêne sessile	Chêne sessile	Chêne sessile	Bouleau verruqueux
	Charme	Charme	Charme	Charme
	Chêne rouge	Chêne rouge	Sorbier	Chêne rouge
	Erable plane	Sorbier		Chêne sessile
	Sorbier	Tilleul à petite feuille		Sorbier
	Tilleul à petite feuille			Tilleul à petite feuille
Résineux	Douglas	Douglas	Douglas	Pin sylvestre
	Mélèze d'Europe	Mélèze d'Europe	Pin sylvestre	
	Mélèze hybride	Mélèze hybride		
	Cyprès	Pin sylvestre		
	Pin sylvestre			
	Sapin de Nordmann			

Propositions de plantations :

**33** : Plantation de douglas comme essence objectif avec du chêne rouge en essence de diversification. Les lignes de plantations sont alignées au bord droit de la parcelle, également alignées avec l'aire de stockage proposée (60x8m) faisant également voie d'accès vers les peuplements 31 et 32. Les lignes de plantations sont espacées de 3 mètres et de 2,5 mètres dans la ligne de plantation, soit environ 1333 plants par hectare. Le chêne rouge est planté en bouquet de 25 plants à raison de 12 bouquets sur la parcelle (fig.22). Il s'agirait de se procurer des plants de chêne rouge dont les glands sont issus du peuplement belge « Le Cerisier » (SPW ARNE, 2025).

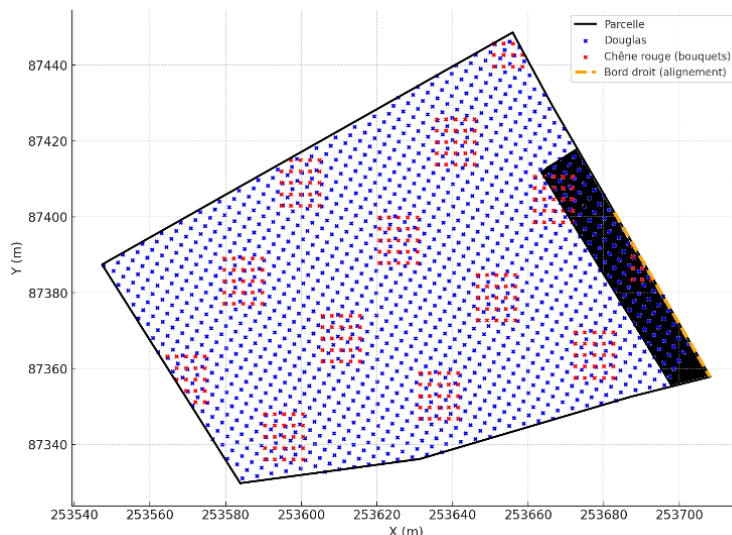


Figure 22 Schéma indicatif de la plantation de chêne rouge en bouquets (rouge) et de douglas (bleu) pour le peuplement 33, ainsi que la proposition de zone de stockage (noir)

**29** : Plantation composée de chênes sessiles, de charmes et de tilleuls à petites feuilles. Le dispositif proposé est une plantation en bandes disposées en arête de poisson à partir d'un axe central, destiné à devenir un futur layon de débardage. La distance de plantation est de 3 mètres entre les bandes, et de 3 mètres entre les plants au sein de chaque bande, soit 1111 plants par hectare. Le tiers supérieur de la parcelle est planté en alternance de bandes de charmes et de chênes sessiles, tandis que les deux tiers inférieurs alternent des bandes de tilleuls à petites feuilles et de chênes sessiles (fig.23).

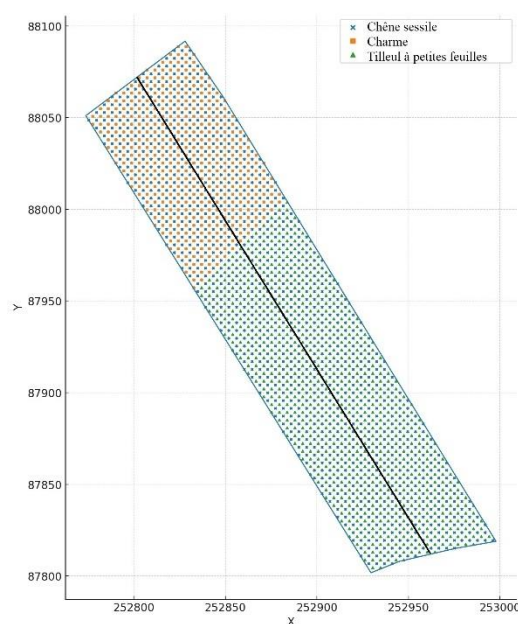


Figure 23 Schéma indicatif de la plantation de charme (orange), chêne sessile (bleu) et tilleul à petites feuilles (vert) pour le peuplement 29

- **28** : Plantation composée de pins sylvestres en essence principale et de cèdres de l'Atlas en essence de diversification. Le mélange est réalisé pied à pied, avec une répartition homogène des deux essences sur l'ensemble de la parcelle. L'espacement est de 2,5 mètres entre les plants, tant dans les lignes qu'entre les lignes, soit 1600 plants par hectare (fig.24).

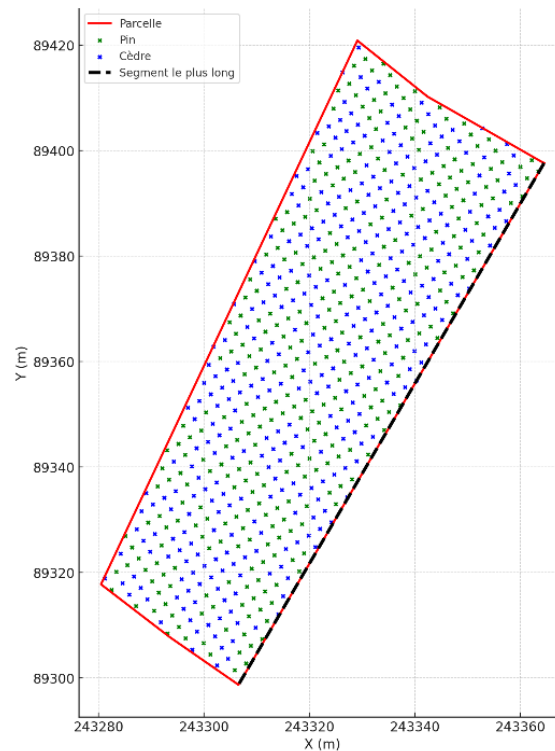


Figure 24 Schéma indicatif de plantation de pin sylvestre (vert) et de cèdre de l'Atlas (bleu) pour le peuplement 28

**3** : Libre évolution temporaire de la parcelle en raison de problèmes d'accès ; la priorité est donnée à la réouverture d'un chemin carrossable afin de permettre les interventions futures. À terme, il sera peut-être possible de s'appuyer sur la régénération naturelle déjà en place pour orienter la gestion du peuplement.

Analyse des coûts pour les plantations proposées (tab.15) :

Tableau 15 Analyse des coûts de plantation à partir de la mercuriale des prix des travaux forestiers (UETFW, 2025) et du catalogue des prix de plants 2025 de la pépinière Gailly-Jourdan, le coût de protection fait référence à l'application de Trico

	29			28			33		
	PU HTVA	Quantité	Total	PU HTVA	Quantité	Total	PU HTVA	Quantité	Total
<b>Broyage</b>	1375 /ha	2,08 ha	2860	1375 /ha	0,42 ha	577,5	1375 /ha	1,02 ha	1402,5
<b>Plants</b>	Chêne sessile 1,66	1155	2581,3	Pin 0,79	336	265,44	Chêne rouge 1,18	300	354
	Tilleul 1,48	770	1139,6	Cèdre 2,22	336	745,92	Douglas 0,82	1060	869,2
	Charme 0,97	385	365,75						
<b>Plantation</b>	0,60 /plant	2310	1386	0,60 /plant	672	87,36	0,60 /plant	1360	816
<b>Protection</b>	0,13 /plant	2310	300,3	0,13 /plant	0	0	0,13 /plant	300	39
<b>TOTAL HTVA</b>		8632,95			1676,22			3480,7	



## 5. Discussion

### 5.1 Utilisation du LiDAR en inventaire d'aménagement

Les résultats montrent que le volume de bois est correctement estimé par le LiDAR, avec une forte corrélation aux données de terrain et aucun biais significatif. La cohérence entre les mesures issues du LiDAR au point GPS exact des placettes et celles de l'inventaire de terrain renforce la fiabilité de l'approche. Il est toutefois possible que des résultats encore plus précis aient pu être obtenus en développant un modèle de prédiction propre à notre jeu de données d'inventaire.

En revanche, le nombre de tiges est plus difficile à estimer. Bien que le biais moyen ne soit pas significatif, la corrélation est nettement plus faible et la dispersion des écarts entre placettes plus importante. Cette variabilité peut s'expliquer par la densité de points relativement faible (environ 7 points/m<sup>2</sup>).

Pour améliorer la qualité des estimations, l'augmentation de la densité de points constitue une piste prometteuse. Celle-ci peut être obtenue en modifiant les paramètres de vol, en changeant de plateforme d'acquisition ou encore le type de scanner. En particulier, l'utilisation d'un LiDAR monté sur drone représente une alternative pertinente. Les drones, grâce à leur capacité à voler plus lentement et à plus basse altitude que les avions, permettent de capturer un nuage de points plus dense et plus détaillé, avec une meilleure pénétration du couvert forestier. Cette technologie offre également l'avantage d'une plus grande flexibilité logistique, avec des campagnes d'acquisition ponctuelles, répétées et à moindre coût, particulièrement adaptées au suivi multi-temporel ou à l'analyse de peuplements complexes (Tran et al., 2025 ; Petras et al., 2023).

Concernant la surface terrière, bien qu'une corrélation positive ait été observée, les estimations fournies par le LiDAR présentent un biais significatif, traduisant une sous-estimation systématique. Cette erreur est corrélée avec l'estimation du nombre de tiges, mais pourrait aussi être liée à la structure interne des peuplements, aux occultations par le couvert ou encore à la calibration du modèle utilisé.

Il est important de noter que les résultats fournis à partir des données LiDAR sont assez sensibles aux effets de bordure. En effet, de petits peuplements comme ceux analysés dans ce travail entraînent inévitablement une plus forte sensibilité des résultats aux effets de bordure. Les polygones issus du traitement des données LiDAR ne correspondant pas aux limites exactes des peuplements.

Enfin, il convient de signaler une limite méthodologique : certaines éclaircies ont été réalisées entre 2022 et 2025 dans quelques peuplements, ce qui a pu modifier leur structure. Ces interventions sylvicoles n'ont pas été prises en compte lors de la rétroprojection des données 2025 vers l'année de référence 2022, ce qui peut avoir introduit une incertitude supplémentaire dans la comparaison.

### 5.2 Quantification des dégâts de gibier

L'évaluation de l'équilibre forêt-gibier réalisée dans cette étude repose sur des relevés de terrain précis, effectués selon les méthodes de Brossier & Pallu (2016) et de Hamard & Ballon (2009), puis traduits dans la fiche d'état des lieux de la SRFB. Cette combinaison méthodologique permet une quantification à la fois fine et synthétique des dégâts de gibier. Toutefois, si les données utilisées dans la fiche SRFB sont issues de relevés empiriques, leur exploitation devrait idéalement être complétée par une estimation de la proportion réelle de dégâts présents dans chaque stade de développement. La méthode gagne en pertinence lorsqu'elle est répétée dans le temps : son intérêt réside alors davantage dans le suivi de l'évolution relative des dégâts que dans leur valeur absolue à un instant donné.

Les résultats révèlent des impacts différenciés selon les essences : un abroustissement massif sur le chêne, des frottis destructeurs sur le mélèze, et une mortalité inattendue sur l'épicéa. Dans le peuplement de Douglas plus âgés, les frottis sont également très marqués, sans que l'on observe d'écorçage ni d'abroustissement. Ces constats confirment une pression significative du chevreuil, surtout à travers des comportements de marquage, et appellent à une vigilance accrue dans la gestion des peuplements sensibles.

La mise en œuvre des méthodes employées s'est révélée relativement simple et reproductible, notamment grâce au protocole de placettes linéaires. La fiche SRFB, bien que synthétique, offre un cadre utile pour intégrer les résultats à une échelle de gestion plus large, notamment dans une perspective de certification PEFC. Elle gagnerait toutefois à être adaptée à l'intégration de données de terrain objectives plutôt que d'estimations visuelles.

En matière de perspectives de gestion, plusieurs leviers peuvent être mobilisés pour restaurer ou maintenir l'équilibre sylvo-cynégétique. Sur le plan cynégétique, il est recommandé d'accroître la pression de chasse dans les zones les plus touchées, en ciblant notamment le tir d'été du brocard, le tir aléatoire favorisant une structure d'âge équilibrée, et des tirs soutenus en cas de déséquilibre avéré. Le réglage des armes et l'entraînement régulier des chasseurs sont également essentiels pour garantir l'efficacité des prélèvements (Duwe, 2022).

Du point de vue sylvicole, certaines pratiques peuvent limiter l'impact du gibier : cloisonner les régénérations pour éviter la formation de zones refuge, planter dans le recru, et éviter les dégagements systématiques en plein, en ne dégageant que la cime sous forme de cône inversé. Il convient aussi d'améliorer la capacité d'accueil de la forêt en créant des zones de quiétude, en diversifiant la disponibilité alimentaire (notamment en hiver), et en évitant de concentrer l'alimentation sur de petites zones. Laisser des essences secondaires ou arbres de « moindre valeur » pour le frottis (sorbier, saule marsault, etc.) peut également détourner l'attention des tiges d'avenir.

Enfin, les protections physiques demeurent un levier complémentaire : engrillagements, clôtures électriques temporaires pour les cultures sensibles, protections individuelles, application de répulsifs, ou encore coloration des bourgeons apicaux peuvent limiter les dommages à court terme, notamment sur les essences les plus appréciées.

### 5.3 Aménagement de la propriété

Actuellement, la production de bois sur la propriété repose à près de 80 % sur les résineux, en grande majorité de l'épicéa. Cette forte dominance rend la propriété particulièrement vulnérable aux effets du changement climatique. L'épicéa est en effet sensible aux périodes de sécheresse qui provoquent un stress hydrique rendant l'arbre plus attractif pour les scolytes. Les ravages causés par ces insectes xylophages, déjà bien documentés, pourraient s'intensifier dans les années à venir, en cohérence avec les projections climatiques (Feittweis, 2023).

Toutefois, l'état sanitaire observé lors du passage en revue des peuplements et durant l'inventaire de terrain demeure globalement rassurant. Seuls deux foyers isolés d'arbres scolytés ont été identifiés sur l'ensemble de la propriété : un premier, limité à une dizaine d'arbres, et un second, plus important, d'une vingtaine d'arbres, déjà marqué pour être prélevé lors de la prochaine éclaircie du peuplement concerné. De manière générale, les propriétaires font preuve d'une grande vigilance et interviennent rapidement dès qu'un arbre atteint est repéré. Par ailleurs, les arbres scolytés identifiés étaient déjà morts au moment de l'observation, réduisant fortement tout risque de dissémination. Une vérification ciblée des épicéas voisins, notamment au moment du redoux printanier, n'a révélé aucune nouvelle attaque.

Conscients de cette vulnérabilité, les propriétaires ont exprimé leur volonté d'orienter la gestion forestière vers une sylviculture plus durable, plus résiliente, et mieux adaptée aux enjeux climatiques actuels et futurs. Dans ce cadre, la sylviculture mélangée à couvert continu (SMCC) apparaît comme une alternative crédible, permettant d'accroître la diversité en essences et en structures, et de renforcer la biodiversité par rapport aux peuplements résineux équiennes purs.

L'analyse stationnelle et structurelle de la propriété a permis d'identifier les parcelles propices à une conversion vers la SMCC. Sur environ 86 hectares, près d'un tiers sera ainsi progressivement « irrégularisé ». Ce changement d'itinéraire sylvicole s'appuie sur les caractéristiques écologiques, topographiques et la faisabilité opérationnelle des interventions.

Dans les autres parcelles, qui continueront à être gérées selon une sylviculture conventionnelle équienne, plusieurs limites sont à souligner. Outre les critères d'aptitude à la SMCC, ces peuplements exigeraient un important sacrifice d'exploitation pour créer des trouées permettant d'y replanter des îlots et d'y enclencher une diversification en essences et en classes d'âge. De plus, en l'absence de mesures spécifiques, l'épicéa reprendrait probablement rapidement le dessus sur les autres espèces grâce à sa dynamique de régénération rapide, ce qui nous reconduirait, à moyen terme, dans une impasse, car la reconduction d'un peuplement monospécifique d'épicéa n'est plus souhaitée.

Cela étant dit, il est important de rappeler que dans cette région de l'Ardenne, l'épicéa n'est pas encore considéré comme totalement hors station. Il continue de présenter un intérêt économique, tant en volume qu'en qualité, en particulier grâce à la vigilance des propriétaires qui surveillent activement l'apparition de foyers de scolytes.

Dans les peuplements à vocation SMCC, la transition vers une structure irrégulière s'opérera progressivement par le biais d'éclaircies successives et d'interventions ciblées. Cette approche implique un changement significatif dans la manière de travailler : elle exige une expertise accrue, une observation fine et continue des peuplements, ainsi qu'une capacité d'adaptation face aux événements imprévus, qu'ils soient d'ordre sanitaire ou climatique.

Du point de vue économique, cette transformation impactera la gestion financière de la propriété. Toutefois, à l'échelle de l'hectare, les coûts restent globalement comparables à ceux d'une plantation conventionnelle. Les objectifs de production dans un itinéraire en SMCC diffèrent de ceux en sylviculture équienne : on y vise un moindre nombre de tiges par essence, mais de meilleure qualité et de plus grand diamètre. Plusieurs études tendent d'ailleurs à démontrer la rentabilité à long terme de la sylviculture irrégulière (Hanewinkel et al., 2014).

Dans un contexte de changement climatique rapide, la plantation qu'elle soit en îlots, en bouquets ou en parquets reste une solution incontournable pour renforcer la diversité, non seulement en termes d'essences, mais également sur le plan génétique. Elle permet, par exemple, l'introduction de nouveaux écotypes, comme le propose les projets Trees for Future et Migforest (Feittweis, 2023).

Enfin, si l'on devait encore se convaincre du potentiel de la SMCC, l'exemple du peuplement 7, un peuplement de mélèze planté en 1967, est particulièrement révélateur. Bien que l'objectif initial n'ait pas été la régénération naturelle, les caractéristiques faiblement ombrageantes du mélèze ont permis le développement d'une régénération diversifiée, composée de bouleaux, sorbiers, épicéas, mélèzes, chênes et hêtres. Cet exemple met en lumière les potentialités écologiques des stations ardennaises et ouvre des perspectives d'application aux autres parcelles.

## 5.4 Certification PEFC

En Wallonie, 52,8 % des forêts sont certifiées selon le standard PEFC, un chiffre relativement élevé au regard de nos voisins. À titre de comparaison, l'Allemagne atteint 76,2 %, la France

métropolitaine 33,2 %, le Luxembourg 42,9 %, tandis que les Pays-Bas ne comptent que 0,9 % de forêts PEFC, mais présentent un taux de 44 % sous certification FSC (Panorabois, 2024). Ces chiffres témoignent d'une adoption variable selon les contextes nationaux, tant en termes de politiques forestières que de structuration des filières.

En ce qui concerne les entreprises, la Belgique compte 505 entités certifiées PEFC, contre 734 sous certification FSC, alors que le secteur de la filière bois rassemble près de 30 000 entreprises au total. Cela signifie que moins de 2 % des entreprises belges liées au bois sont actuellement certifiées PEFC. En Wallonie, 1 921 entreprises étaient actives dans les secteurs de la sylviculture et de l'exploitation forestière en 2023, mais seulement une trentaine d'entre elles détenaient une certification PEFC (Panorabois, 2024). Ce décalage est également observable dans les entreprises de transformation : le nombre de structures certifiées reste largement minoritaire.

Or, pour qu'un produit fini puisse porter le label PEFC, toute la chaîne de contrôle (Chain of Custody) depuis la forêt jusqu'à l'entreprise de transformation – doit être certifiée. Ainsi, la faible proportion d'exploitants forestiers certifiés constitue potentiellement un facteur limitant, notamment dans des itinéraires sylvicoles dynamiques comme la sylviculture mélangée à couvert continu (SMCC), qui nécessite une intervention régulière et flexible d'opérateurs forestiers qualifiés.

Sur le plan économique, la certification PEFC d'une forêt privée représente un coût modeste : 5 € pour les 5 premiers hectares, puis 0,50 € par hectare supplémentaire, soit environ 50 € par an pour une propriété de 100 hectares. À cela peuvent s'ajouter les frais ponctuels d'audit si la propriété est sélectionnée pour un contrôle de conformité. En amont de ces dépenses récurrentes, le propriétaire doit toutefois disposer d'un document simple de gestion (DSG), condition indispensable à l'adhésion au système de certification. L'élaboration de ce document nécessite généralement l'accompagnement d'un expert forestier, ce qui engendre des coûts supplémentaires. Conscient que cette exigence administrative peut constituer un frein pour certains propriétaires, PEFC Belgium met à disposition un budget de 15.000 € d'aides financières destinées à soutenir la réalisation de ces documents de gestion et ainsi favoriser l'adhésion au système de certification. Le montant éligible dépend de la taille de la propriété et du type de parcellaire nécessaire (tab.16)

*Tableau 16 Montant maximal des interventions par classe de propriété (PEFC Belgium, s.d.)*

Aide sans parcellaire informatisé		
Hectare minimum	Hectare maximum	Intervention HTVA
0	24	200
25	49	350
50	99	500
100	249	650
250	499	850
500	>500	1000
Aide avec Parcellaire Informatisé		
Hectare minimum	Hectare maximum	Intervention HTVA
0	24	100
25	49	175
50	99	250
100	249	325
250	499	425
500	>500	500

Cependant, cette certification n'offre pas de garantie formelle de plus-value financière à la vente. Aucune donnée officielle n'existe à ce jour pour la Wallonie. Une étude française (Carroy, 2018) suggère néanmoins que les bois certifiés PEFC peuvent se vendre en moyenne 3,2 % plus chers que des lots équivalents non certifiés. Bien que cette prime soit modeste, elle peut représenter un signal intéressant

en faveur d'une gestion durable, en particulier dans les marchés sensibles à la traçabilité et à la responsabilité environnementale.

À une échelle plus globale, la certification forestière prend une dimension bien plus marquée, notamment dans les pays producteurs de bois tropicaux. Les impacts positifs observés concernent la conservation de la biodiversité, la réduction de la déforestation, l'amélioration des conditions de travail et, dans certains cas, le respect des droits des communautés autochtones (Wolff et al., 2022). Ces effets sont plus perceptibles dans des contextes où les normes de base sont encore peu contraignantes, à l'inverse de la Wallonie où les exigences réglementaires sont déjà élevées.

Enfin, au-delà des enjeux économiques ou environnementaux, la certification forestière peut revêtir une valeur symbolique forte pour les propriétaires privés. Elle marque une adhésion volontaire à une démarche rigoureuse de gestion durable et constitue souvent un engagement personnel envers les générations futures, indépendamment des retombées financières directes.

## 6. Contribution personnelle

J'ai réalisé la recherche et la numérisation du parcellaire cadastral, ainsi que les visites de terrain pour vérifier les limites réelles de peuplements, les dégâts de gibier, les accès et autres éléments contextuels. J'ai ensuite conduit l'inventaire d'aménagement avec l'aide de Cédric Geerts (Attaché axe gestion des ressources forestières – Gembloux Agro-bio Tech) pour la mise en place du protocole, les relevés de terrain et l'utilisation du GPS de précision. Les données LiDAR ont été traitées par le professeur Philippe Lejeune. J'ai utilisé les rasters fournis pour élaborer les tableaux de comparaisons dendrométriques. J'ai également effectué l'inventaire des dégâts de gibier et rédigé l'ensemble du plan d'aménagement, incluant les cartes, les choix sylvicoles (notamment le passage à la SMCC), le programme des coupes et travaux, ainsi que les propositions de plantation.

## 7. Conclusion

Ce travail de fin d'études visait à répondre à trois questions principales liées à la gestion durable d'une forêt privée ardennaise :

- 1) 1) Quels sont les apports du LiDAR pour les inventaires forestiers d'aménagement ?
- 2) 2) Comment évaluer objectivement l'impact du gibier sur les peuplements forestiers ?
- 3) 3) Quelle est la pertinence de la certification PEFC dans un contexte de gestion privée ?

Concernant la première question, les résultats obtenus confirment que le LiDAR constitue un outil fiable pour l'estimation du volume sur pied, avec une forte corrélation aux données d'inventaire de terrain ( $r = 0,91$ ). Il permet une spatialisation fine et homogène des paramètres dendrométriques à l'échelle de la propriété. Cependant, ses performances s'avèrent plus limitées pour l'estimation du nombre de tiges et de la surface terrière, notamment en raison de la densité moyenne du nuage de points. Si l'intégration du LiDAR dans l'inventaire d'aménagement se révèle prometteuse, son usage optimal nécessiterait un modèle localement calibré ainsi qu'une densité de points plus élevée, potentiellement obtenue via des capteurs embarqués sur drones.

Concernant l'évaluation des dégâts de gibier, la confrontation entre différentes méthodes (relevés de terrain d'échantillons linéaires, grilles d'analyse classiques et fiche d'évaluation SRFB) montre une complémentarité utile. Les relevés de terrain ont permis d'objectiver les types de dommages (abrouissements, frottis), leur intensité par essence et leur répartition spatiale. La fiche SRFB, bien qu'intéressante pour un diagnostic synthétique compatible avec les exigences PEFC, gagnerait en précision si elle n'était pas limitée par les estimations sur lesquelles elle se base. Dans tous les cas, la

quantification de l'évolution des dégâts dans le temps apparaît comme un indicateur central, soulignant la nécessité d'un suivi régulier et standardisé.

Le plan de gestion, quant à lui, met notamment en évidence le potentiel de certains peuplements pour un passage progressif à la sylviculture mélangée à couvert continu (SMCC), une orientation particulièrement pertinente dans le contexte du changement climatique. Ce passage s'appuie sur la sélection des tiges d'avenir, l'irrégularisation progressive des structures, et la prise en compte de la régénération naturelle. Il offre une alternative crédible aux itinéraires classiques en futaie régulière, en favorisant la diversité des classes de diamètre, l'adaptabilité des peuplements et la continuité de la couverture forestière. Toutefois, la mise en œuvre de cette transition exige un accompagnement technique adapté, ainsi qu'un suivi attentif des peuplements à moyen et long terme.

Afin d'objectiver l'implication de la gestion forestière vers plus de durabilité, il est possible de comparer ce qui est mis en place avec la liste des pratiques favorables à la biodiversité (Puzzling Biodiversity, s.d.). Cette taxonomie (tab.17) résultante d'un consensus entre de multiples parties prenantes du monde de la forêt a mis en exergue 16 pratiques, chacune proposant différents niveaux d'implication.

Tableau 17 Taxonomie des pratiques forestières favorables à la biodiversité (vert = mis en œuvre, jaune = à planifier, rouge = non pertinent) (Puzzling Biodiversity, s.d.)

N°	Pratiques de gestion favorables à la biodiversité	Statut sur la propriété
1	Maintenir des gros bois (GB) et des très gros bois (TGB) vivants	Jaune
2	Maintenir et diversifier le bois mort au sol et sur pied de grosse dimension	Jaune
3	Maintenir l'équilibre sylvo-cynégétique	Vert
4	Diversifier les essences (plantation et reprise en gestion)	Vert
5	Adapter les essences au contexte local et climatique en favorisant les essences autochtones	Vert
6	Augmenter le nombre de strates (reprise en gestion)	Vert
7	Protéger la biodiversité et la fertilité des sols forestiers	Vert
8	Promouvoir et conserver la fonctionnalité des lisières forestières	Jaune
9	Préserver ou créer des milieux ouverts (clairières, touées, chablis, zones humides, etc.)	Jaune
10	Maintenir et favoriser les dendro-microhabitats	Jaune
11	Créer des îlots de libre-évolution	Vert
12	Préserver les zones humides	Jaune
13	Préserver la fonctionnalité du réseau de mares	Rouge
14	Favoriser la régénération naturelle	Vert
15	Préserver et restaurer la composition et les fonctions des ripisylves	Vert
16	Limiter l'impact des engins forestiers	Vert

L'analyse montre une mise en œuvre globalement satisfaisante, avec plus de la moitié des pratiques déjà (au moins partiellement) intégrées. Les pratiques non appliquées concernent souvent la présence d'arbres sénescents, encore rares sur la propriété en raison de la jeunesse ou du passé de gestion intensive des peuplements. Leur mise en œuvre pourra se faire progressivement, à mesure que la structure forestière évolue.

D'autres pratiques non appliquées traduisent davantage un biais de gestion humaine hérité d'une volonté d'optimisation des usages fonciers et économiques. Dans un contexte de propriété privée, la pression de rentabilité et le souci d'aménagement cohérent peuvent parfois freiner la mise en œuvre de pratiques plus « passives » ou écologiquement orientées. Néanmoins, ces freins pourraient être levés à l'avenir, via un accompagnement adapté et une sensibilisation aux bénéfices indirects de ces mesures pour la résilience de l'écosystème.

## 8. Bibliographie

- « Article L425-4 - Code de l'environnement - Légifrance ». s. d. Consulté le 4 août 2025. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000029595751](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000029595751).
- « Certification PEFC ». 2024. Société Royale Forestière de Belgique, novembre 6. <https://srfb.be/certification-pefc/>.
- « Forestimator ». s. d. Consulté le 17 août 2025. <https://forestimator.gembloux.ulg.ac.be/cartographie>.
- « FSC Homepage | Forest Stewardship Council ». s. d. Consulté le 4 août 2025. <https://be.fsc.org/be-fr>.
- « Introduction : Qu'est-ce que la Télédétection ? | Belgian Platform on Earth Observation ». s. d. Consulté le 10 juillet 2025. <https://eo.belspo.be/fr/introduction-quest-ce-que-la-teledetection>.
- « LiDAR 2021-2022 | Géoportail de la Wallonie ». s. d. Consulté le 23 juillet 2025. <https://geoportail.wallonie.be/lidar>.
- « Nuage de points LIDAR 2021-2022 | Géoportail de la Wallonie ». s. d. Consulté le 23 juillet 2025. <https://geoportail.wallonie.be/catalogue/ab14b035-c9b0-4c79-a2b6-36811fca96a1.html>.
- « PEFC Belgique ». s. d. Consulté le 17 août 2025. <https://www.pefc.be/fr/home>.
- Beaudesson Pierre. 2019. « Impacts du grand gibier : Comment les identifier, les quantifier, les limiter ». Centre national de la propriété forestière.
- Bonnet, Stéphanie, François Toromanoff, François Fourneau, Philippe Lejeune. 2011. « *Principes de base de la télédétection et de ses potentialités comme outil de caractérisation de la ressource forestière – I. Images aériennes et satellitaires* ». *Forêt Wallonne*, n°114 (septembre-octobre).
- Bonnet, Stéphanie, François Toromanoff, Sébastien Bauwens, Adrien Michez, Laurent Dedry, Philippe Lejeune. 2013. « Principes de base de la télédétection et ses potentialités comme outil de caractérisation de la ressource forestière – II. LiDAR aérien ». *Forêt Wallonne*, n° 124 (juin). <https://orbi.uliege.be/handle/2268/150897>.
- Bonnet, Stéphanie, Laurent Dedry, Sébastien Bauwens, Tanguy De Jaegere, et Philippe Lejeune. 2014. « *Quantifier la ressource grâce au Lidar, quelques applications concrètes* ». *Forêt Wallonne*, n°129 (mars-avril).
- Brossier, Pierre, Pallu, Jacky. 2016. « Le guide pratique de l'équilibre Forêt-Gibier ». Fédération des Chasseurs des Côtes d'Armor.
- Carroy, Chrystelle. 2018. « Grumes : le bois certifié PEFC se vend plus cher que les autres (étude) ». octobre 23. <https://www.forestopic.com/fr/en-bref/824-grumes-bois-certifie-pefc-vendre-plus-cher-etude>.
- Claessens Hugues. 2005. « *L'aulne glutineux : ses stations et sa sylviculture* ». Forêt Wallonne asbl. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/23256>.
- Dagnelie Pierre, Palm Rudy, Pondeux Jacques. 2013. « Cubage des arbres et des peuplements forestiers : Tables et équations ». Les Presses agronomique de Gembloux, 176 p.
- Dassot, Mathieu, Thiéry Constant, Meriem Fournier. 2011. « The Use of Terrestrial LiDAR Technology in Forest Science : Application Fields, Benefits and Challenges ». *Annals of Forest Science* 68 (5) : 959-74. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0102-2>.
- Duwe, Pauline. 2022. « Chasse et équilibre forêt-gibier - Quelles pratiques pour restaurer l'équilibre ? ». AgroParistech.

- Fettweis Xavier. 2023. « Les changements climatiques en Belgique : vers des étés de plus en plus secs et chauds ». Forêt.Nature. n°169 (octobre-décembre), p.32-39.
- Hamard, Jean-Pierre, Ballon, Philippe. 2009. « Guide pratique d'évaluation des dégâts en milieu forestier ». EFNO – Cemagref.
- Hanewinkel, M., F. Frutig, R. Lemm. 2014. « Economic Performance of Uneven-Aged Forests Analysed with Annuities ». *Forestry* 87 (1) : 49-60. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpt043>.
- Holvoet B. et Muys B. 2004. « Sustainable Forest Management Worldwide : A Comparative Assessment of Standards ». *International Forestry Review* 6 (2) : 99-122. <https://doi.org/10.1505/ifor.6.2.99.38388>.
- Klimaat.be | Climat.be. s. d. « Climat.be ». Consulté le 17 août 2025. <https://climat.be>.
- KMI. s. d. « IRM - Le climat à l'horizon 2100 ». Consulté le 4 août 2025. <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100>.
- Lejeune P. et Petit S. 2016. « Inventaires forestiers d'manègement. Guide à destination des utilisateurs ». Forêt Wallonne asbl.
- Lejeune, Philippe. 2023. « Cours ENVT3060-1 Télédétection à très haute résolution – Le LiDAR aérien ».
- Licoppe, Alain, Céline Malengreaux, Valérie Duran, et Sabine Bertouille. 2018. « *Le plan de tir « cerf » en Wallonie.* ». Forêt.Nature. n°146. Pp.42-48.
- Panorabois Wallonie. 2024. Filière Bois Wallonie
- PEFC. 2024. « Charte d'engagement pour la gestion forestière durable PEFC en région wallonne ».
- Perin Jérôme, Hébert Jacques, Lejeune Philippe. 2016. « Nouvelles normes sylvicoles pour les peuplements purs équiennes d'épicéa et de douglas ».
- Petras Vaclav, Anna Petrasova, James B. McCarter, Helena Mitasova, Ross K. Meentemeyer. 2023. « Point Density Variations in Airborne Lidar Point Clouds ». *Sensors* 23 (3): 1593. <https://doi.org/10.3390/s23031593>.
- Puzzling Biodiversity, s.d. « Taxonomie des pratiques forestières favorables à la biodiversité ». Organization for biodiversity certificates. <https://www.puzzling-biodiversity.org/fr/>
- Roussel Jean-Romain, Auty David, De Boissieu Florian. 2023. « lidR: Airborne LiDAR Data Manipulation and Visualization for Forestry Applications ». CRAN : Contributed Packages. The R Foundation, décembre 31. <https://doi.org/10.32614/cran.package.lidr>.
- Sanchez Christine. 2022. « *La sylviculture mélangée à couvert continu en pratique.* ». Forêt.Nature. 56p.
- SPW ARNE, DEMNA, DEE. 2024. Diagnostic environnemental de la Wallonie. SPW Éditions : Jambes, Belgique. En ligne. <http://etat.environnement.wallonie.be>
- SPW ARNE. 2008. « Décret du 15 juillet 2008 relatif au Code forestier ».
- SPW ARNE. 2025. « Dictionnaire des provenances recommandables pour la sylviculture en Région wallonne ».
- SPW, DGO3, DEMNA, DEE, 2017. Rapport sur l'état de l'environnement wallon 2017 (REEW 2017). SPW Éditions : Jambes, Belgique. En ligne. <http://etat.environnement.wallonie.be>
- SRFB – KBBM. 2024. « Document simple de gestion PEFC ». Cellule PEFC.



SustainableForestMgmt. s. d. « Accueil | Gestion durable des forêts | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ». Consulté le 4 août 2025. <https://www.fao.org/forestry/sfm/fr>.

Tossens S., Claessens H. 2024. « Tome 1. L'Ardenne, Guide des stations forestières de Wallonie ». Publication du Département de la Nature et des Forêts '(SPW-ARNE). Série « Faune-Flore-Habitats » n°12, Gembloux, 288p.

Tran, Lan Thi Ngoc, Myeongjun Kim, Hongseok Bang, Byung Bae Park, Sung-Min Choi. 2025. « Comparison of LiDAR Operation Methods for Forest Inventory in Korean Pine Forests ». *Forests* 16 (4): 643. <https://doi.org/10.3390/f16040643>.

Vandendaele, Bastien. 2022. « Amélioration de l'inventaire forestier à l'aide de nuages de points à haute densité acquis par drone lidar et lidar mobile : étude de cas en forêts feuillues tempérées ». <https://orbi.uliege.be/handle/2268/299560>.

WalOnMap. « Catalogue des données | Géoportail de la Wallonie ». s. d. Consulté le 17 août 2025. <https://geoportail.wallonie.be/catalogue-donnees-et-services>.

White, Joanne C., Michael A. Wulder, Andrés Varhola, et al. 2013. « A Best Practices Guide for Generating Forest Inventory Attributes from Airborne Laser Scanning Data Using an Area-Based Approach ». *The Forestry Chronicle* 89 (06): 722-23. <https://doi.org/10.5558/tfc2013-132>.

Wolff, Sarah, Jörg Schweinle. 2022. « Effectiveness and Economic Viability of Forest Certification : A Systematic Review ». *Forests* 13 (5): 798. <https://doi.org/10.3390/f13050798>.

# 9. Annexes

## 9.1 Fiche d'inventaire forestier d'aménagement

3

N°UE : 0701033 Opérateurs : SU/CG Date : 12/03/25 Encod. :

Rayon : 14 Déplac. :  Distance dépl. :

Azimut dépl. :

**Arbres (minimum 15 arbres avec un rayon maximum de 18m)** Inventaire aménagement (2014)

N°	Essence	Circonf.	Azim.	Dist.	Statut	Déf conf.	Dégâts	Sanit tronc	Qualite	Sanit houp.	Haut	Hrec	Hcime	Htot
X 1	44	123	23	7,8	1									
2	44	103	31	11,6	1									31,1
X 3	44	123	78	11,56	1									30,9
X 4	44	122	130	8,01	1									34,4
5	44	141	141	5,86	1									
X 6	44	130	150	1,9	1									
7	44	42	170	7,29	1									
8	44	106	217	10,83	1									
X 9	44	144	232	5,74	1									
X 10	44	119	312	2,07	1									
X 11	44	133	340	11,21	1									
12	44	104	347	6,8	1									
13	44	106	147	11,95	1									
14	44	43	202	12,04	1									
15	44	112	277	13,57	1									
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														

**Autres occupations**

Type	Rec.	Carac.

**Régénération**

Essence	Stade	Rec.	Sociab./Ecart	Deg.	Inten.	Av.
44	2	0	1	1	1	0
11	4	2	1	1	1	0
18	4	2	1	1	1	0
18	3	1	1	6	1	0
44	4	3	3	1	1	0

**Bois mort au sol**

Essences	Type	Longeur	Circonférence	Ancienneté	Nombre	Volume (stère)	Particular. bio

EP 13,93

Figure 25 Exemple de fiche de terrain utilisée pour l'inventaire

## 9.2 Cartes d'aptitude stationnelle des essences

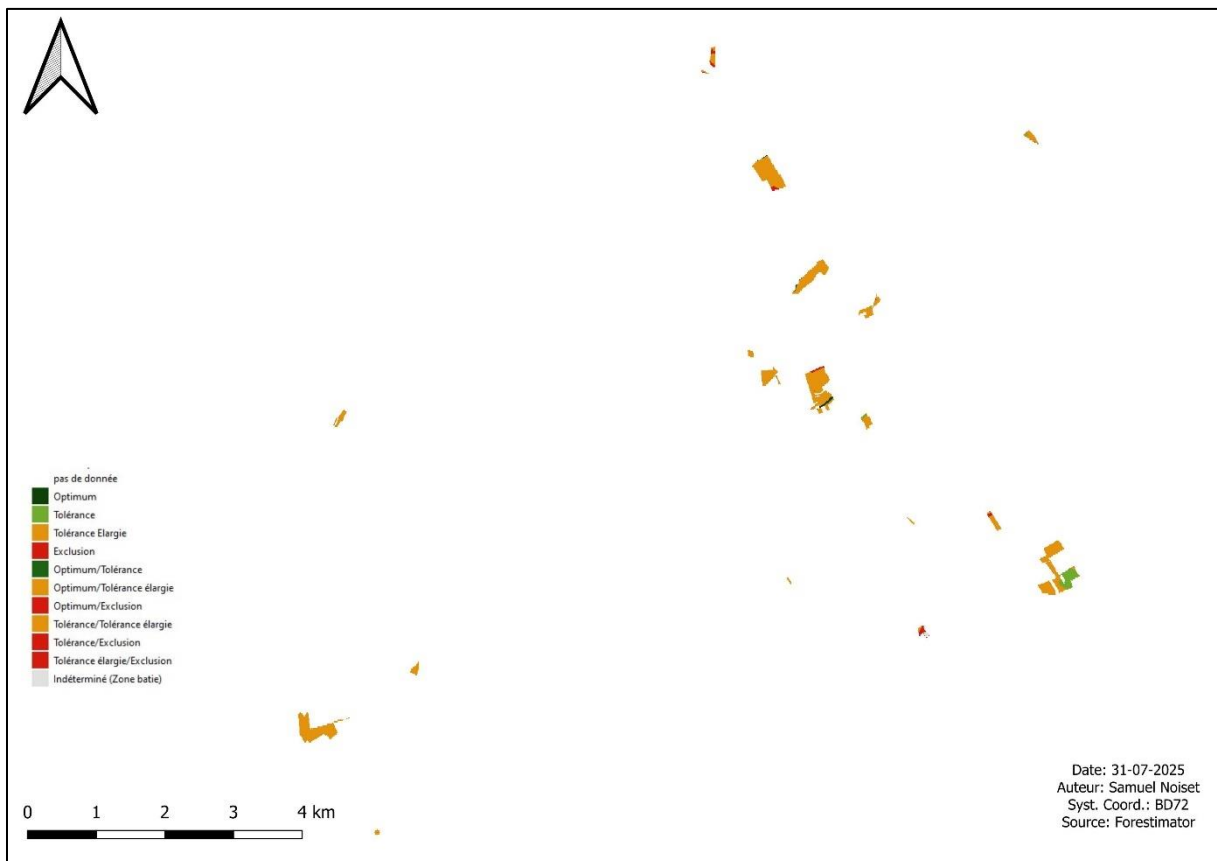


Figure 26 Aptitude du Chêne pédonculé

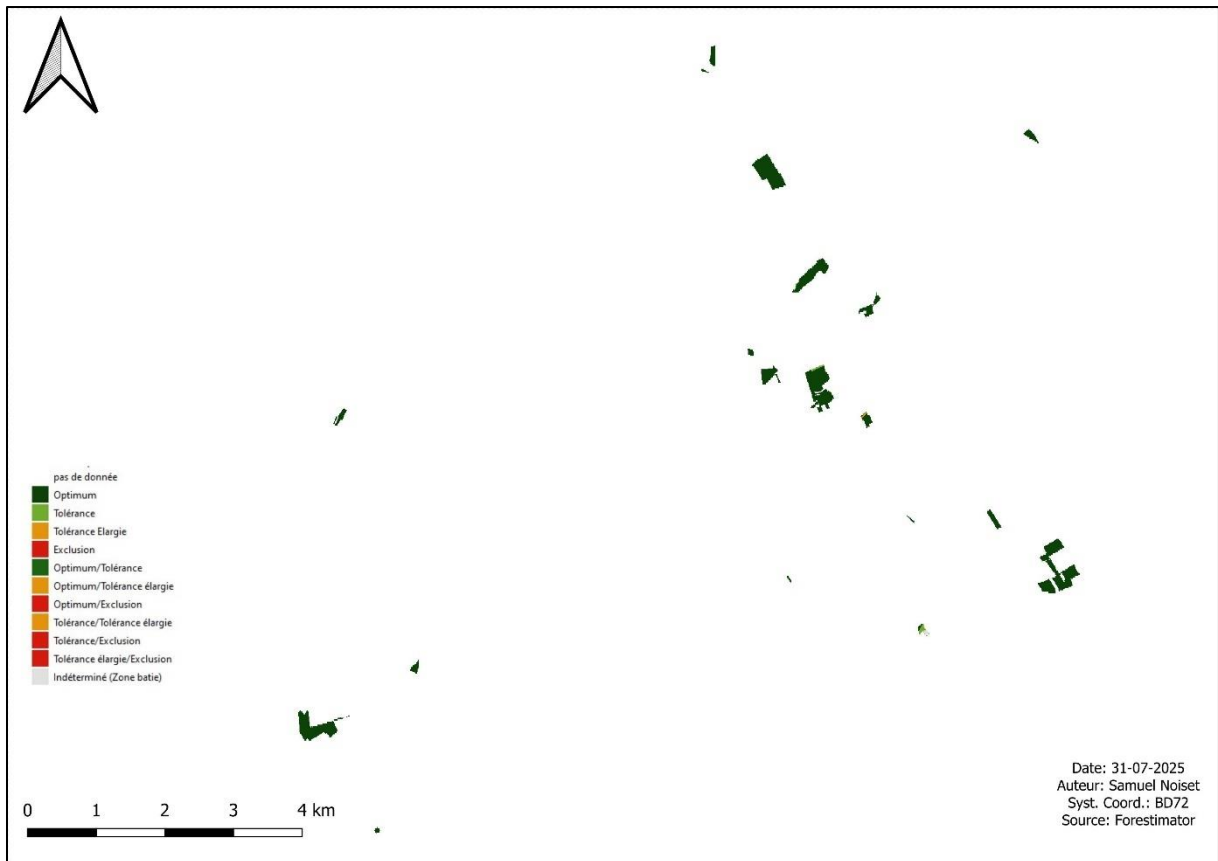


Figure 27 Aptitude du Chêne sessile

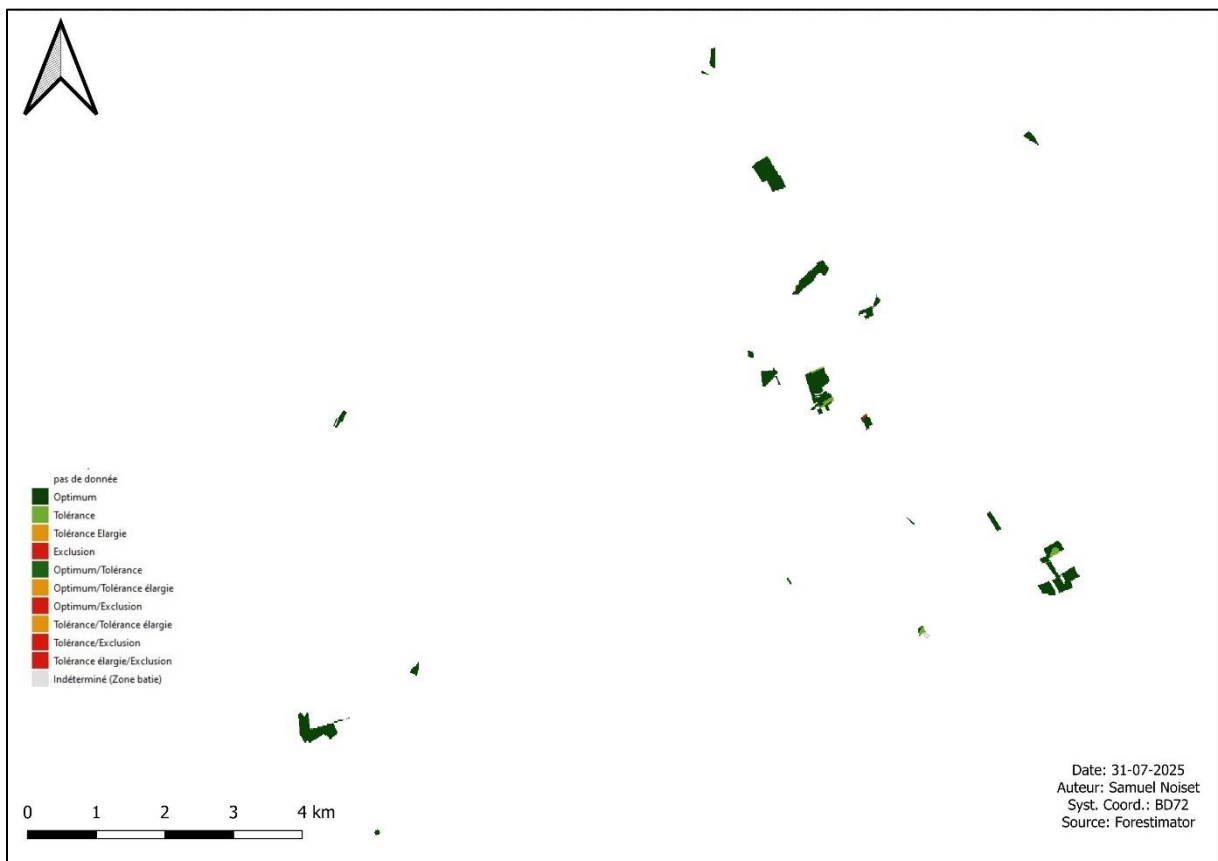


Figure 28 Aptitude du Douglas

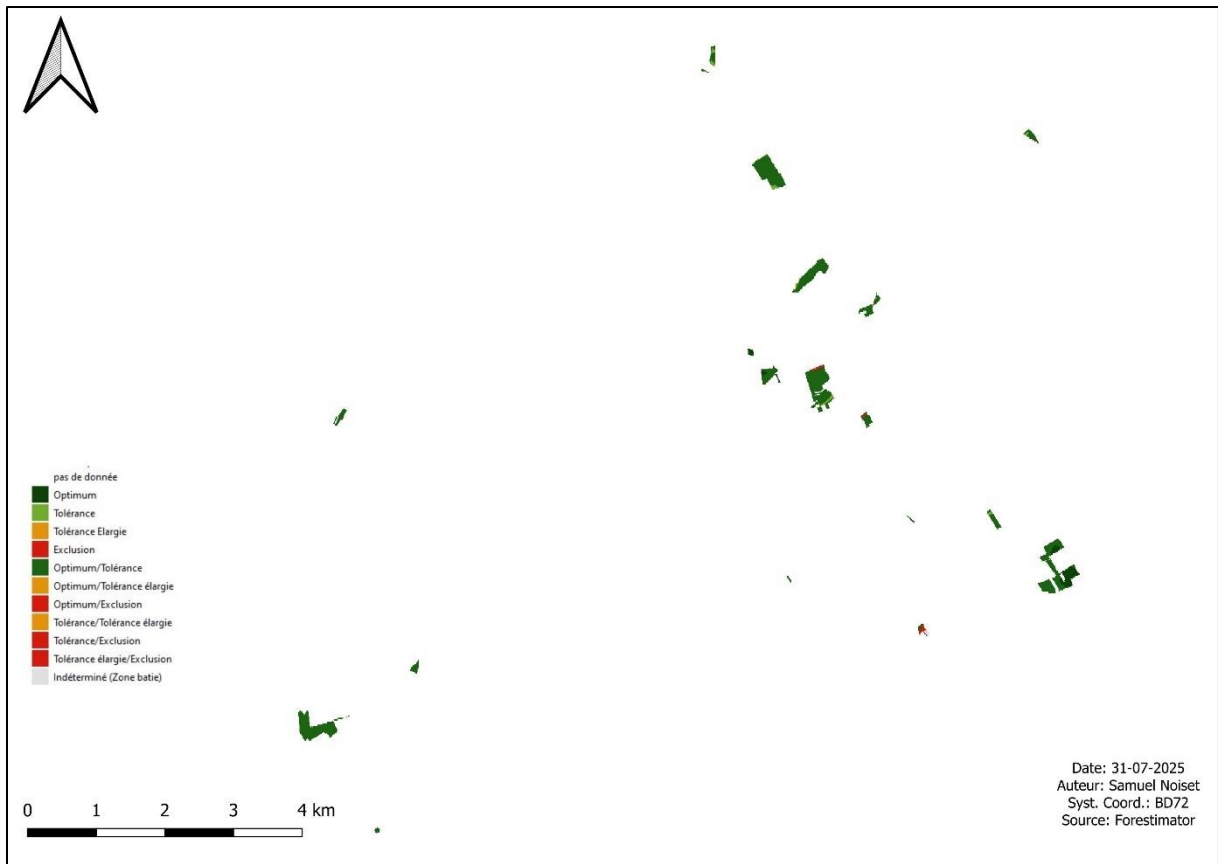


Figure 29 Aptitude de l'Epicéa

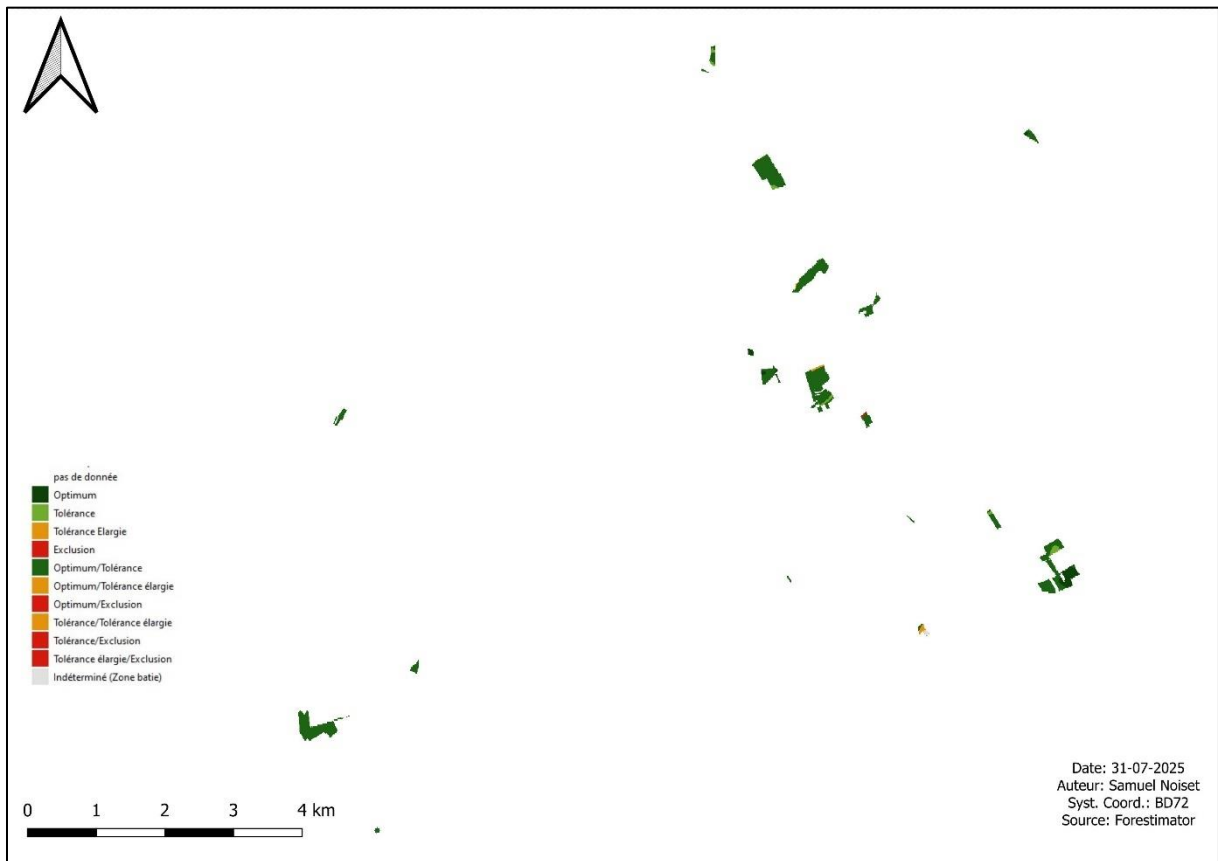


Figure 30 Aptitude du Hêtre

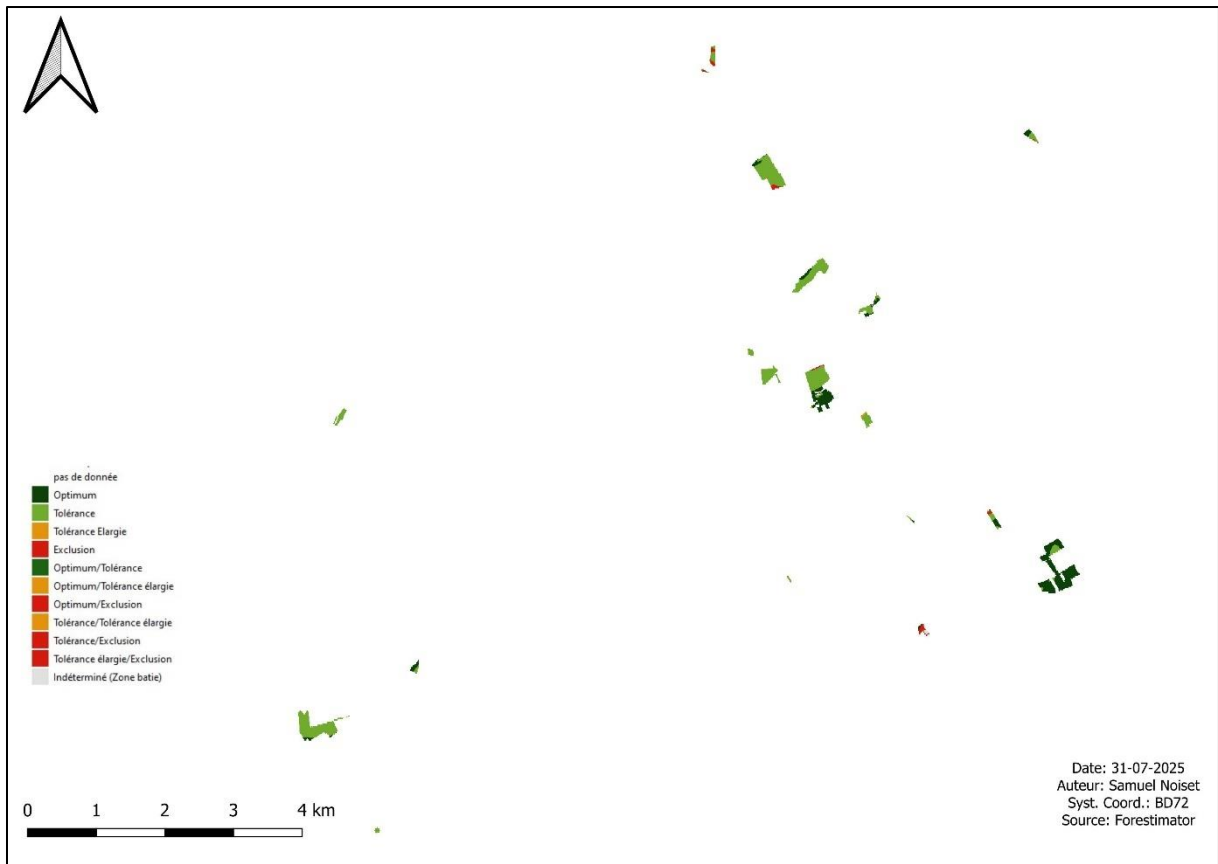


Figure 31 Aptitude du Mélèze du Japon

### 9.3 Carte de recommandation de plantation de l'épicéa

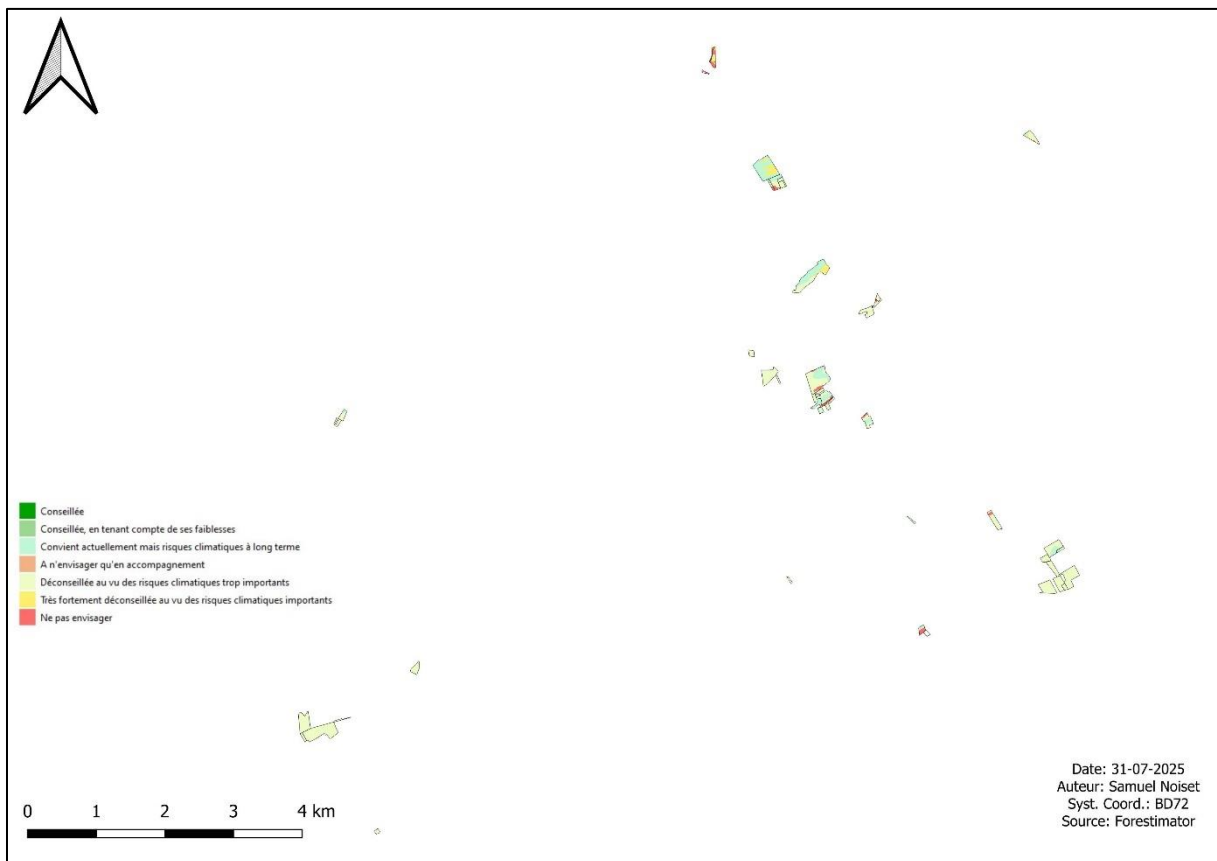


Figure 32 Recommandation de plantation de l'épicéa sur la propriété

### 9.3 Normes de production en épicéa et douglas







