

# SYNTÈSE RÉGÉNÉRATION NATURELLE & SOLS

---

## Projet PRW108 « 30 années de sylviculture Pro Silva à Haugimont (UNamur) : bilan écologique et économique - Leçons et perspectives pour des forêts résilientes en Wallonie »

Christine Sanchez (Expert forestier)

avec la participation de : Laurence Delahaye (EPIPHYTIA), Charles Debois (Expert forestier), Gabriel Muscat et Gauthier Ligot (Gembloux AgroBioTech), Simon Hauser & Philippe Martin (UNamur)

<b>1. INTRODUCTION ET CONTEXTE.....</b>	<b>2</b>
<b>2. METHODOLOGIE ET INVENTAIRES.....</b>	<b>2</b>
SITES D'ÉTUDES .....	2
INDICATEURS DE LA REGENERATION NATURELLE ET DE L'ETAT DU SOL .....	3
<i>Caractérisation de la régénération naturelle .....</i>	3
<i>Etat des sols.....</i>	4
INVENTAIRES ET OBSERVATIONS.....	7
<i>Inventaires dendrométriques et historique de gestion .....</i>	7
<i>Inventaires de la régénération naturelle .....</i>	7
<i>Observations sur l'état des sols.....</i>	10
<b>3. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>12</b>
DONNEES DENDROMETRIQUES DES ZONES D'ETUDE .....	12
REGENERATION NATURELLE .....	16
RESULTATS DES OBSERVATIONS SUR L'ETAT DES SOLS.....	19
<i>Anciens passages d'engins .....</i>	19
<i>Espèces indicatrices de tassemement du sol .....</i>	21
<i>Humus index.....</i>	22
<b>4. CONCLUSIONS ET PISTES D'AMELIORATIONS .....</b>	<b>22</b>
<b>5. ANNEXES .....</b>	<b>23</b>
RELEVES PLANTES VASCULAIRES.....	23
RELEVES REGENERATION NATURELLE .....	23

## 1. Introduction et contexte

La sylviculture Pro Silva aussi appelée « sylviculture proche de la nature » ou « sylviculture mélangée à couvert continu » est appliquée dans le domaine forestiers de l'Université de Namur depuis 30 ans. Ce mode de gestion s'inscrit dans une volonté d'utilisation des processus naturels (régénération naturelle et fonctionnement optimale de l'écosystème) afin de produire du bois de qualité tout en conservant une importante biodiversité, en minimisant les coûts et les risques économiques. C'est un mode de gestion qui se veut donc respectueuse des sols et de la biodiversité.

Le domaine d'Haugimont est constitué essentiellement de chênaies condruziennes, et celles-ci sont d'une importance capitale en termes de biodiversité, de sylviculture et d'économie. En tant qu'utilisatrice de la forêt, la société doit s'assurer du bon fonctionnement de ces chênaies et celui-ci passe par le respect des processus naturels qui lui sont inhérents : apparition et maintien d'une régénération naturelle diversifiée, développement et potentiel d'avenir des arbres au stade juvénile, présence suffisante d'habitats pour tous les organismes vivants, production de gros bois de qualité économique et écologique, ...

Depuis 1992, des pratiques sylvicoles issues de la sylviculture Pro Silva sont appliquées sur le domaine forestier d'Haugimont. Le Domaine possède aujourd'hui une bonne documentation de la gestion appliquée depuis 1979, notamment grâce à la mise en place d'inventaires totaux et une description et archivage de l'ensemble des lots vendus, ainsi que des recettes et des dépenses.

Aujourd'hui, 30 ans plus tard, c'est une occasion unique de revenir sur les apprentissages de cette gestion innovante et unique en Wallonie et de les valoriser pour une application plus large en Wallonie. C'est l'objet du projet PRW108 « 30 années de sylviculture Pro Silva à Haugimont (UNamur) : bilan écologique et économique - Leçons et perspectives pour des forêts résilientes en Wallonie ».

Ce bilan propose de synthétiser les enseignements recueillis pendant le projet concernant la régénération naturelle des peuplements ainsi que l'état des sols. Il s'agit donc d'un premier état des lieux de la situation à cet égard étant donné que ces paramètres n'ont pas été suivis par le passé. Les aspects de biodiversité et de suivi économique sont abordés dans les deux autres bilans.

## 2. Méthodologie et inventaires

### Sites d'études

Afin d'illustrer et de quantifier les impacts de la gestion passée, six zones d'étude ont été identifiées dans le domaine d'Haugimont. Ces zones d'études (Figure 1) ont été choisies afin de couvrir un gradient de composition et de stade de développement de la régénération naturelle du chêne. Parmi les six zones étudiées, on retrouve une chênaie-charmaie (HAU11), une chênaie mélangée (HAU27), trois chênaies-hêtraies (GES21, GES22 et GES25) et une post-mise à blanc (GESCAB).

Au sein de ces peuplements, en raison de l'historique de gestion, on y retrouve des semis de chênes de différentes hauteurs : de moins de 0,5 m, de 0,5 à 1,5 m, de 1,5 à 7m ou de 3 à 10 m. Le dispositif post-mise à blanc fait aussi l'objet d'une régénération de chêne par endroit et mérite d'être suivi. Il s'agit en outre d'une parcelle maintenant classée en réserve naturelle qui se trouve à l'entrée du bois de Gesves et permettra de documenter le développement de la régénération naturelle et de la biodiversité dans des conditions particulières.

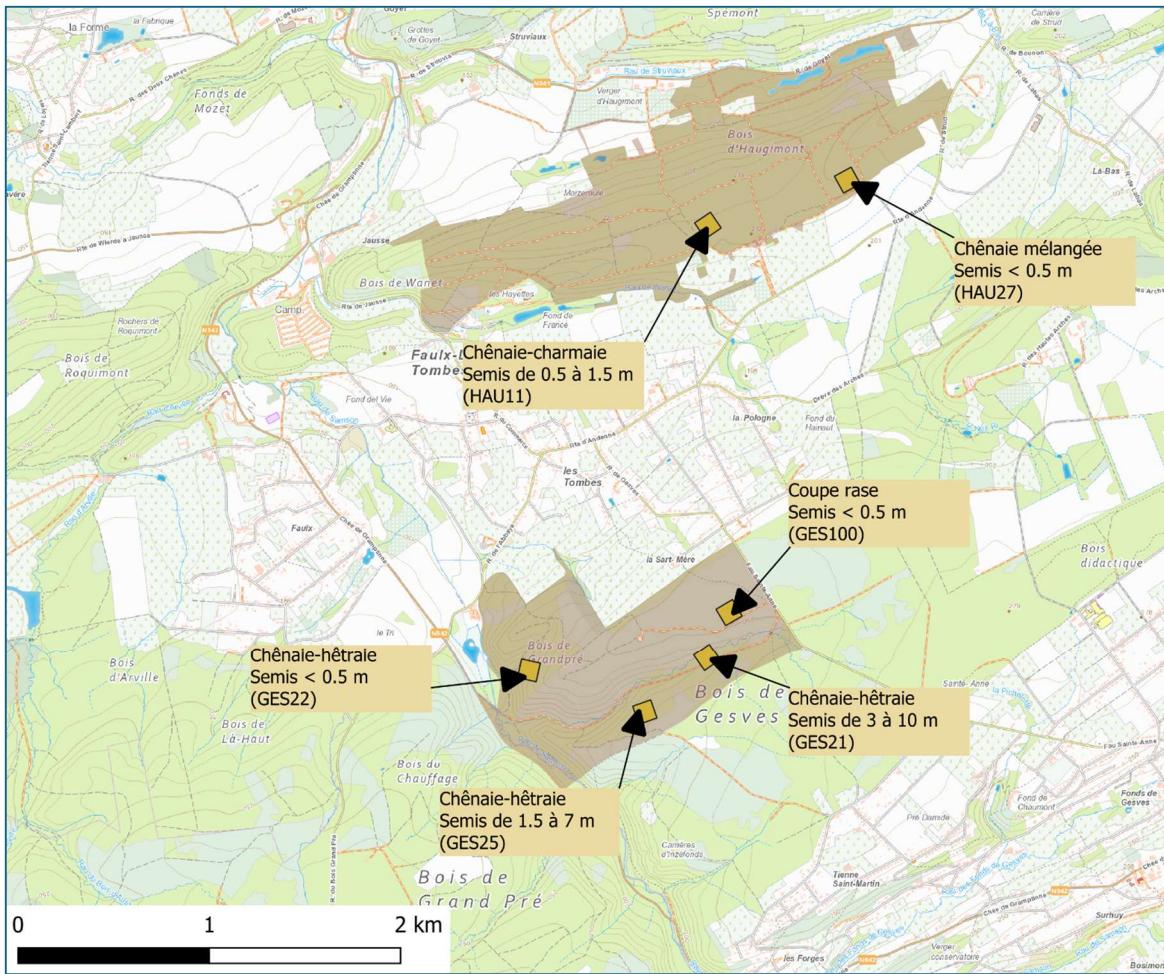


Figure 1 : Localisation des sites d'études.

## Indicateurs de la régénération naturelle et de l'état du sol

### Caractérisation de la régénération naturelle

Le suivi de la régénération naturelle dans un massif forestier est important pour évaluer le potentiel d'avenir et de renouvellement des peuplements. Ce suivi permet également d'évaluer indirectement l'efficacité des pratiques sylvicoles mis en place (intensités d'éclaircies, gestion du sous-étage, travaux forestiers ciblés).

Dès lors que l'on s'intéresse à l'avenir de la forêt et au fonctionnement de l'écosystème forestier au sens large, il est impératif de prendre en compte sa capacité de renouvellement ainsi que la composition et la diversité de celui-ci.

De plus, la régénération naturelle ne nécessite pas de lourds investissements et contrairement à la plantation, les semis naturels présentent l'avantage d'échapper au stress de transplantation. Par ailleurs, la régénération naturelle évite les travaux lourds qui affectent les sols et la biodiversité, lesquels soutiennent le bon fonctionnement de l'écosystème et sa capacité adaptative. La régénération naturelle améliore l'adaptation des forêts aux changements climatiques et leur résilience.

Le choix des indicateurs à suivre en ce qui concerne la régénération naturelle s'est porté sur la densité de tiges (tiges/ha) de sorte à caractériser objectivement et efficacement la régénération naturelle. Ce choix vient également du constat que les informations de « recouvrement » par essence et par stade

de développement habituellement relevés en Wallonie dans les inventaires sylvicoles et de gestion (inventaires forestiers d'aménagement ou encore inventaires typologiques) sont difficiles à interpréter.

Cependant, en plus de cette densité de tiges, une estimation visuelle de la surface régénérée totale a été réalisée, toutes essences et toutes classes de hauteur confondues. Cette estimation correspond au pourcentage de la surface occupée par toute la régénération en recouvrement.

### Etat des sols

Le sol forestier est un véritable écosystème<sup>1</sup> constitué de terre, d'air, d'eau, de matières organiques et d'organismes vivants. Il assure plusieurs fonctions fondamentales dont celui du support physique dans lequel s'enracinent les arbres, de réservoir dans lequel la végétation puise l'eau et les éléments nutritifs dont elle a besoin et d'habitat pour une flore et une faune très variées ainsi que pour des microorganismes décomposeurs permettant le recyclage des matières organiques et en conséquence le fonctionnement des écosystèmes forestiers.

Cette biodiversité des sols joue un rôle clé dans le fonctionnement de la forêt : les champignons mycorhiziens et les bactéries fixatrices d'azote participent à l'absorption des nutriments par les arbres et leur confèrent une résistance accrue aux maladies ; les organismes décomposeurs permettent le recyclage des éléments nutritifs contenus dans la matière organique ; les vers de terre et autres organismes fouisseurs favorisent la structuration des sols, leur aération et ainsi la prospection des racines.

Cependant, la biodiversité des sols est elle-même très dépendante de leur structure, de leur aération, de l'humidité, et de l'importance de la matière organique. Et comme les pratiques de gestion influencent ces caractéristiques, il est un fait que l'exploitation forestière peut être à l'origine d'une dégradation du sol.

La sensibilité d'un sol au tassemement et à l'érosion est multifactorielle et même si elle est mieux connue aujourd'hui, elle reste cependant très complexe à évaluer. Les effets néfastes des pressions exercées par les machines aux sols sont de plus en plus documentés et les différents impacts des engins sur les sols et les peuplements sont multiples : tassemement, ornières, scalpage, compactage ou liquéfaction. Et les conséquences de ces impacts sur l'activité biologique du sol, sur sa structure, sa biodiversité, sur le développement des racines et sur la productivité des peuplements sont aujourd'hui détaillées dans des ouvrages techniques et bien vulgarisés. La figure 2 montre un extrait du guide « Pratic'sols » destinés aux gestionnaires forestiers et décrivant de nombreuses solutions pour éviter ces dégâts.

---

<sup>1</sup> ONF et FCBA (2014). Guide pratique. Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt « PROSOL ». 113p.

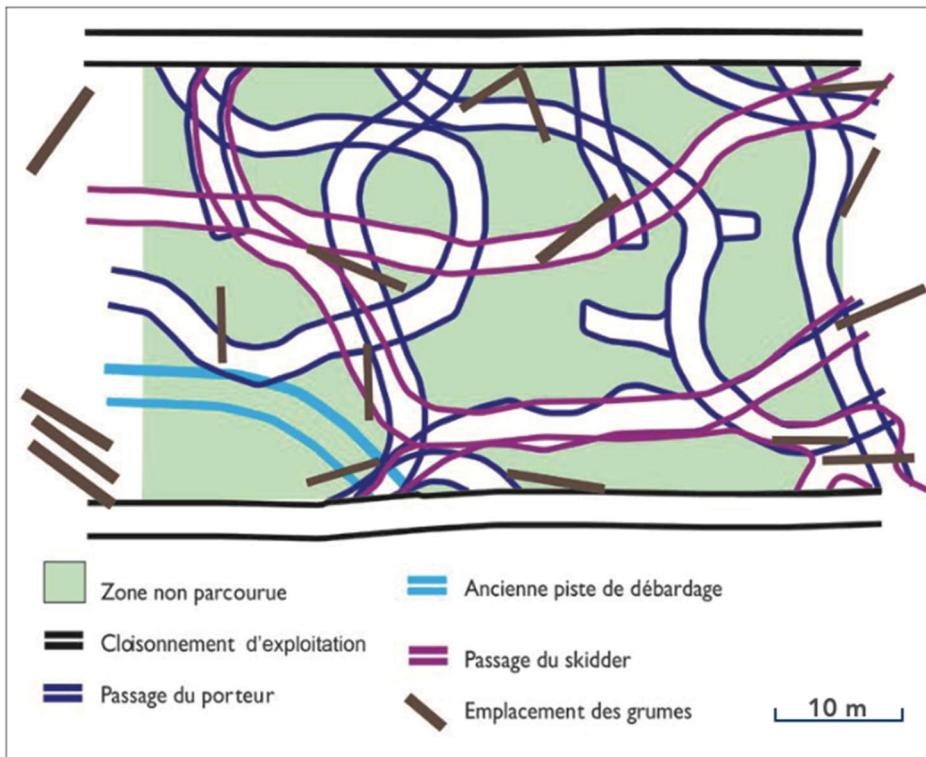


Figure 2 : Exemple de cheminement des engins en l'absence de consigne<sup>2</sup>

C'est dans ce contexte que l'état des sols du Domaine d'Haugimont a fait l'objet d'une caractérisation dans le cadre du projet. Des observations sur l'état des sols ont été réalisées dans les 6 zones d'études du projet. Trois observations ont été faites et quantifiées et sont décrites ci-dessous:

### *1. Surface impactée par le passage des engins*

Une idée largement répandue auprès des professionnels est qu'il vaut mieux circuler avec les engins de débardage partout sur la parcelle pour diluer les passages et éviter ainsi de créer des ornières qui donnent une mauvaise image du chantier. Or 80 à 90 % du tassement des horizons de surface du sol a lieu entre le premier et le troisième passage d'engin (80 - 90 % de la macroporosité disparaît lors des tous premiers passages).

La surface impactée par le passage des engins est donc un bon indicateur de la qualité de l'exploitation et de l'étendue des dégâts de tassement.

### *2. Les plantes vasculaires indicatrices de tassement*

L'observation de la flore forestière est riche en enseignements car les plantes vasculaires ne se distribuent pas au hasard sur le terrain. Sa présence à un endroit révèle les conditions écologiques qui y règnent : sol, topographie, microclimat mais peut aussi révéler l'activité humaine passée comme l'exploitation forestière ou la continuité de la forêt. Donc la présence d'une plante à un endroit indique que les conditions sont rencontrées et c'est ce qui fait le caractère « indicateur » de la flore.

Les sols tassés par l'activité humaine (exploitation mécanisée, travaux forestiers, passage, etc.) ont une porosité réduite qui se manifeste par des problèmes de stagnation d'eau et d'hypoxie qui entravent à la fois l'efficacité du système racinaire et de l'activité biologique responsable de la fertilité

<sup>2</sup> ONF et FNEDT (2021). Pratic'sols. Guide sur la praticabilité des parcelles forestières. 46p

du sol. Un certain nombre d'espèces tirent profit de ces conditions pour se développer, par exemple sur les voies de débardage.

Parmi les espèces favorisées par le tassemement de sol (zones tassées, bord des ornières), les plus courantes sont :

- La Molinie (*Molinia caerulea*)
- La laîche espacée (*Carex remota*) : renseigne sur la sensibilité du sol au tassemement
- Le jonc aggloméré (*Juncus conglomeratus*) : fréquente dans les voies de débardage, même dans les sols relativement bien drainés.
- Le jonc épars (*Juncus effusus*) : indicatrice des sols à tendance humide, mais aussi des sols tassés dans des contextes moins humides.
- La laîche des bois (*Carex sylvatica*)
- La laîche pâle (*Carex pallescens*)
- La canche cespiteuse (*Deschampsia cespitosa*) : particulièrement dynamique sur les sols tassés où elle peut former des plages denses.

Certaines espèces sont très présentes dans les petites mares temporaires des ornières de débardage où elles indiquent clairement la grande sensibilité du sol au tassemement, en particulier dans les sols à régime hydrique alternatif :

- Le poivre d'eau (*Persicaria hydropiper*)
- La renoncule flammette (*Ranunculus flammula*)

La présence d'espèces indicatrice de tassemement des sols est donc un bon indicateur de l'état local d'un sol et permet également de localiser les anciens passages d'engins, surtout là où le passage n'est plus visible par des ornières par exemple. La présence de plages d'espèces indicatrices peut également permettre d'évaluer l'étendue des dégâts de tassemement (par exemple en zone de manœuvres intenses des engins).

### 3. L'humus index

Le type d'humus, c'est- à-dire la façon dont la matière organique se dispose le long d'un profil de sol, varie en fonction de la diversité des groupes d'organismes vivants dans le sol : plus ces groupes sont variés, c'est- à-dire plus la faune et flore du sol est diversifiée en formes et en tailles, plus la disparition de la litière (les feuilles mortes) est rapide et plus la matière organique produite par les végétaux s'incorpore rapidement au sol<sup>3</sup>.

Déterminer le type d'humus revient donc à apprécier la biodiversité fonctionnelle du sol et l'efficacité avec laquelle le sol est capable de recycler la matière organique, élément indispensable de la croissance des arbres. Tout changement dans la composition de la faune/flore du sol, notamment lorsqu'il s'agit de groupes fonctionnellement importants, comme les vers de terre, va donc se traduire par une évolution de la forme d'humus, que ce soit dans l'espace (à quelques mètres ou kilomètres de distance) ou dans le temps (à l'échelle de plusieurs décennies ou en cas de changement du mode de gestion de la forêt).

Pour apprécier ces changements, il est possible d'utiliser la classification<sup>4</sup> française des formes d'humus pour affecter un rang à chaque forme d'humus sur une échelle allant des humus recyclant le plus vite la matière organique (rang 1) à ceux qui transforment le moins rapidement celle-ci (rang 8). Comme la détermination de la forme d'humus ne demande que de l'observation et de la rigueur, il s'agit donc

<sup>3</sup> Ponge J-F. (2012). L'Humus Index: un outil pour le diagnostic écologique des sols forestiers. hal-00589805v8

<sup>4</sup> Jabiol et al. (2009). Typologie des formes d'humus forestières (sous climats tempérés). Association Française pour l'Étude du Sol. Référentiel pédologique. Pp.327-355, Collection Savoir-faire.

d'un outil qui permet d'affecter une valeur chiffrée et synthétique à des observations ponctuelles. L'humus index est donc un bon indicateur supplémentaire de l'état local d'un sol.

## Inventaires et observations

### Inventaires dendrométriques et historique de gestion

Dans chacune des 6 zones d'études du projet, un carré de 100 m de côté (soit un hectare) a été inventorié par Gabriel Muscat, un étudiant de l'ULiège, dans le cadre de son travail de fin d'études. Les données dendrométriques de cet inventaire qui ont été relevées à l'échelle de l'arbre (diamètre, essence,...) ont permis d'aboutir à des données à l'échelle de l'hectare : le nombre de tiges à l'hectare (NHA), la surface terrière à l'hectare (GHA), le volume à l'hectare (VHA).

Grace à la localisation GPS des arbres, des cartes détaillées de chaque zone d'étude ont été élaborées par Gabriel. Ces cartes ainsi que des synthèses dendrométriques se retrouvent dans les fiches descriptives (voir annexes).

En parallèle aux données dendrométriques, une recherche dans les archives du Domaine d'Haugimont a permis de récolter les informations concernant les interventions réalisées depuis l'acquisition des différents massifs de la propriété : prélèvements de bois (chablis, bois de chauffage et bois d'œuvre) et travaux forestiers. Ces informations permettent de déduire des informations sur le type et l'intensité des interventions et donc de comprendre et d'interpréter l'état actuel de la régénération naturelle et des sols. Ces données sont disponibles à l'échelle de la parcelle (et non pas l'échelle de la zone d'étude) et se trouvent également dans les fiches descriptives en annexe.

### Inventaires de la régénération naturelle

L'objectif des inventaires de la régénération naturelle était de réaliser un état des lieux de l'état de celle-ci après 30 ans de gestion en Pro Silva. Pour ce faire, deux niveaux de mesures ont été réalisées dans la régénération naturelle :

- Estimation visuelle de la surface régénérée par zone d'étude
- Estimation de la densité de tiges par essence et par classe de hauteur pour chaque zone d'étude

#### *Le dispositif d'étude*

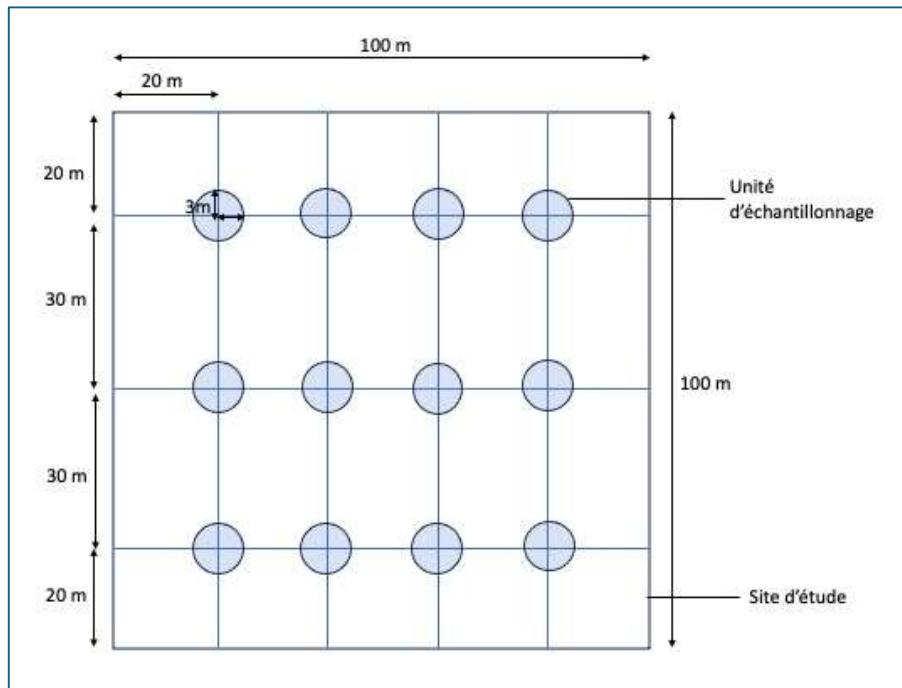
Dans chacun des sites étudiés, la régénération naturelle a été inventoriée dans un dispositif d'un hectare (100 x 100m). Les sites d'études sont des carrés de 100 x 100m. Pour quantifier la régénération naturelle au sein d'un site, il a été décidé de procéder à un inventaire statistique basé sur des unités d'échantillonnage. En effet, un inventaire en plein est trop compliqué à réaliser et beaucoup trop chronophage.

Le protocole de mesure pour l'estimation de densité de tiges a été largement inspirée du protocole utilisé dans le cadre d'un projet<sup>5</sup> de recherche mené par GbxABT sur l'évaluation du potentiel d'avenir des régénération naturelles après mises à blanc d'épicéas en Ardenne.

Au sein de chaque dispositif, douze points d'échantillonnage ont été installés de manière systématique selon une grille à maille rectangulaire (20 x 30m). Chaque unité d'échantillonnage est composée d'une

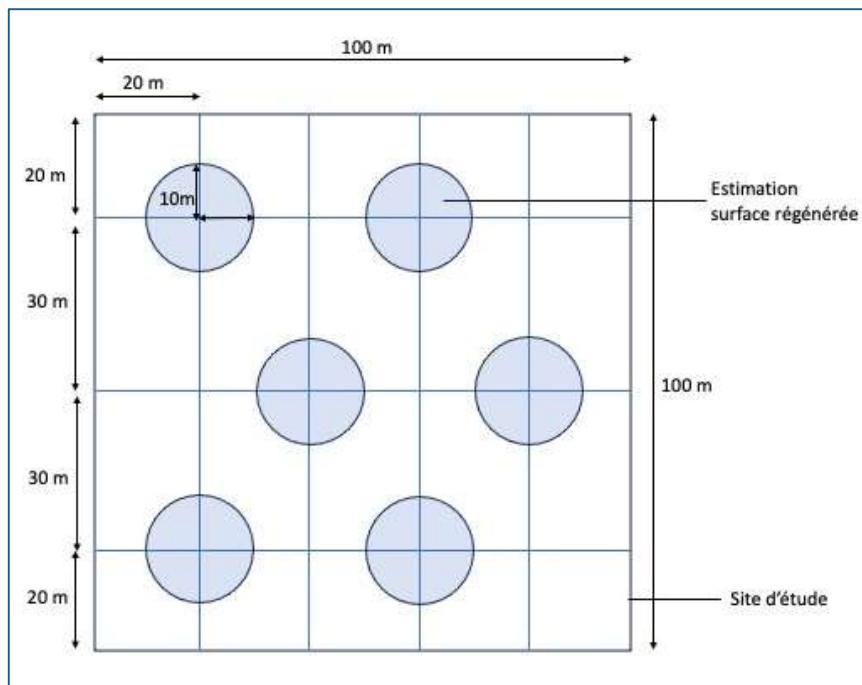
<sup>5</sup> Ernst A, Claessens H., Ligot G. (2023). Évaluation du potentiel d'avenir des régénération naturelles dans les mises à blanc d'épicéas en Ardenne belge. Mise en place de dispositifs permanents. GbxABT. 6p.

sous-placette circulaires de 3 m de rayon (figure 3). Les points d'échantillonnage ne sont pas matérialisés sur le terrain.



**Figure 3 - Disposition des unités d'échantillonnage pour l'estimation de la densité de tiges dans un site d'étude.**

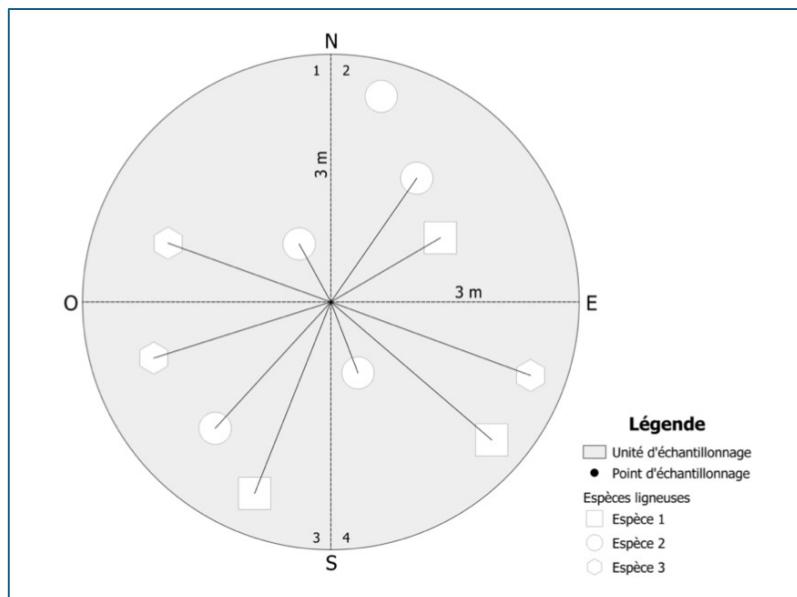
Au sein de la moitié des unités d'échantillonnages (6), une estimation visuelle de la surface régénérée totale a été réalisée, sur un rayon de 10m (figure 4). Cette estimation de surface concerne toute la régénération (toutes essences et toutes classes de hauteur confondues) et est déduite du pourcentage de recouvrement déterminé visuellement sur le terrain.



**Figure 4 : Disposition des unités d'échantillonnage pour l'estimation de la surface régénérée dans un site d'étude.**

### Unités d'échantillonnage pour l'estimation de la densité de tiges

La méthode d'inventaire choisie est le PCQM (*Point Centered Quarter Method*) qui permet d'obtenir des estimations de densités de populations de manière efficiente et rapide<sup>1</sup>. La méthode consiste à mesurer la tige la plus proche du point d'échantillonnage dans chaque quartier (Figure 4). Pour chaque espèce et pour chaque classe de hauteur, la tige ligneuse la plus proche est recensée dans chaque quartier d'un rayon de 3 m à partir du point d'échantillonnage.



**Figure 5 – Mesure des semis selon la méthode PCQM au sein d'une unité d'échantillonnage de 3m de rayon. Quatre quartiers d'angles  $\alpha = 90^\circ$  sont définis selon les quatre directions cardinales. Au sein de chaque quartier, le semis le plus proche du point d'échantillonnage est sélectionné pour chaque espèce et chaque classe de hauteur.**

Pour chaque tige inventoriée, les informations suivantes sont relevées :

1	La <b>distance</b> entre le point d'échantillonnage et le centre de la tige au cm près mesuré avec un mesureur de distances de type Vertex
2	L' <b>espèce</b> de la tige
3	La classe de <b>hauteur</b> de la tige (hauteur du bourgeon terminal sans correction du ploientement naturel de la tige) <ul style="list-style-type: none"> <li>- [0-25[ cm</li> <li>- [25-50[ cm</li> <li>- [50-100[ cm</li> <li>- [100-150[ cm</li> <li>- [150-300[ cm</li> <li>- [300 cm jusqu'à 20cm de circonférence</li> <li>- [20-40[cm de circonférence (catégorie perches)</li> </ul>
4	Les <b>dégâts</b> sur les pousses latérales et/ou terminale : est considéré comme un dégât potentiel de gibier une consommation du bourgeon apical/latéral, de l'année ou antérieur. En cas de doute, le bénéfice est accordé à la non-consommation. <i>Remarques sur la fourchaison :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une fourchaison ancienne sur une tige ne présentant pas d'autres traces de consommation n'est pas considérée comme un dégât de gibier</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>des fourchaisons répétées sur une tige présentant par ailleurs des traces de consommation sur des rameaux axillaires est considérée comme un dégât de gibier.</i></li> </ul>
5	L'état général de la tige - bon/mauvais
6	<b>Commentaire libre</b>

Dans le cas d'un semis multi-tiges, la classe de hauteur sera considérée pour la tige dominante et la distance au point d'échantillonnage sera mesurée à partir du centre des multi-tiges. Les tiges mortes ne seront pas inventoriées.

La méthode d'inventaire du PCQM permet d'obtenir des estimations de densités de populations de manière efficace et rapide<sup>6</sup>. Au lieu de compter toutes les tiges présentes dans une zone donnée, cette approche propose de calculer l'inverse : la surface moyenne occupée par un arbre. Pour calculer la densité, il suffit de mesurer pour chaque point d'échantillonnage la distance à la tige la plus proche. Pour avoir une information plus détaillée, il faut répéter les mesures par espèce et par classe de hauteur.

À partir de ces données collectées sur le terrain, la densité des tiges sur une parcelle est calculée par une formule corrigée avec un facteur de correction<sup>7</sup>.

### Observations sur l'état des sols

Les observations qui ont été réalisées concernant l'état du sol à l'échelle de la zone d'étude ainsi que la méthode et dates de relevés sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Observation	Méthode de relevé utilisée
Surface impactée par les anciens passages d'engins	<p>Estimation de la longueur cumulée des passages par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- repérage sur le terrain (traces visibles) et</li> <li>- analyse de la couche cartographique MNT Hilleshade<sup>8</sup> : couche topographique de WalOnMap.</li> </ul> <p>Estimation de la surface impactée en considérant une largeur moyenne des layons de 4m.</p> <p><u>Dates des relevés</u> : 16/09/2024, 4/10/2024</p>
Espèces indicatrices de tassemement du sol	Relevé floristique complet dans chaque zone d'étude. Étant donné la volonté de recenser les plantes indicatrices, seule la présence de l'espèce a été notée (et non pas l'abondance). Relevés réalisés en parcourant l'entièreté de la zone d'étude (1 ha) jusqu'à "épuisement des espèces" c'est-à-dire lorsqu'aucune nouvelle espèce est identifiée. On considère alors que la station a été entièrement prospectée.

<sup>6</sup> Mitchell K. (2015). Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method.

<sup>7</sup> Ernst A, Claessens H., Ligot G. (2023). Évaluation du potentiel d'avenir des régénérations naturelles dans les mises à blanc d'épicéas en Ardenne belge. Mise en place de dispositifs permanents. GbxABT. 6p.

<sup>8</sup> Vue en estompage de pente (hillshade) du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la Wallonie (0,5m de résolution) issu d'acquisitions Lidar en 2021 et 2022 :<https://geoportal.wallonie.be/catalogue/89b00953-efdb-449b-baec-1c8e7ce483b5.html>

	Dans le cas où différentes stations étaient présentes dans une même zone d'étude (par exemple versant forestier et berge du ruisseau), un relevé par station a été réalisé.  <u>Dates des relevés</u> : 25/04/2024, 15/05/2024 et 7/06/2024.
Humus index	Détermination du type d'humus à l'aide de la clé d'identification <sup>9</sup> de Jabiol et al (1995) à 4 points de sondage par zone d'étude.  <u>Dates des relevés</u> : 16/09/2024, 4/10/2024



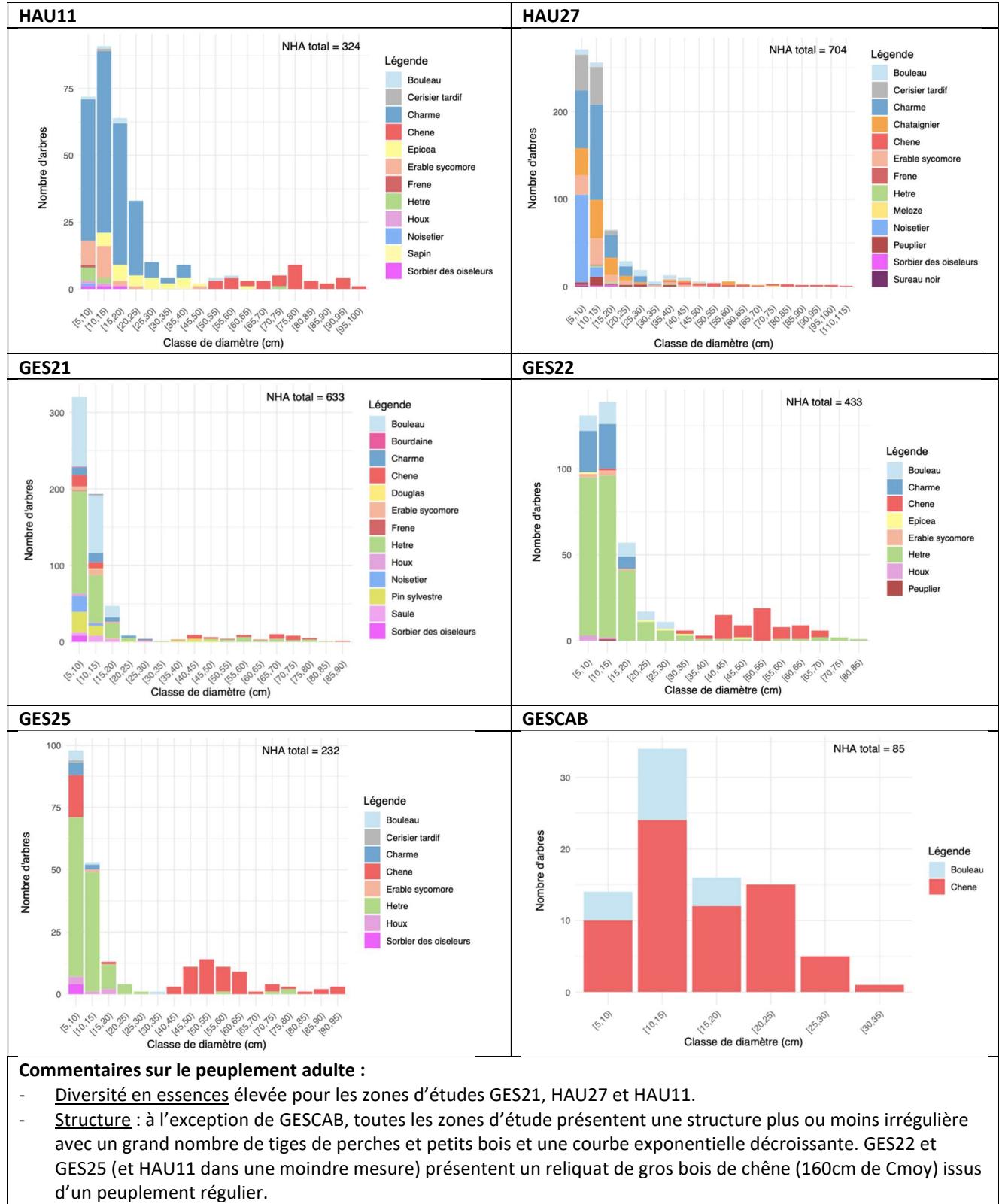
**Relevés floristiques (P.Martin).**

<sup>9</sup> Jabiol et al (1995). L'Humus sous toutes ses formes. ENGREF Nancy. 63p

### 3. Résultats et discussions

#### Données dendrométriques<sup>10</sup> des zones d'étude

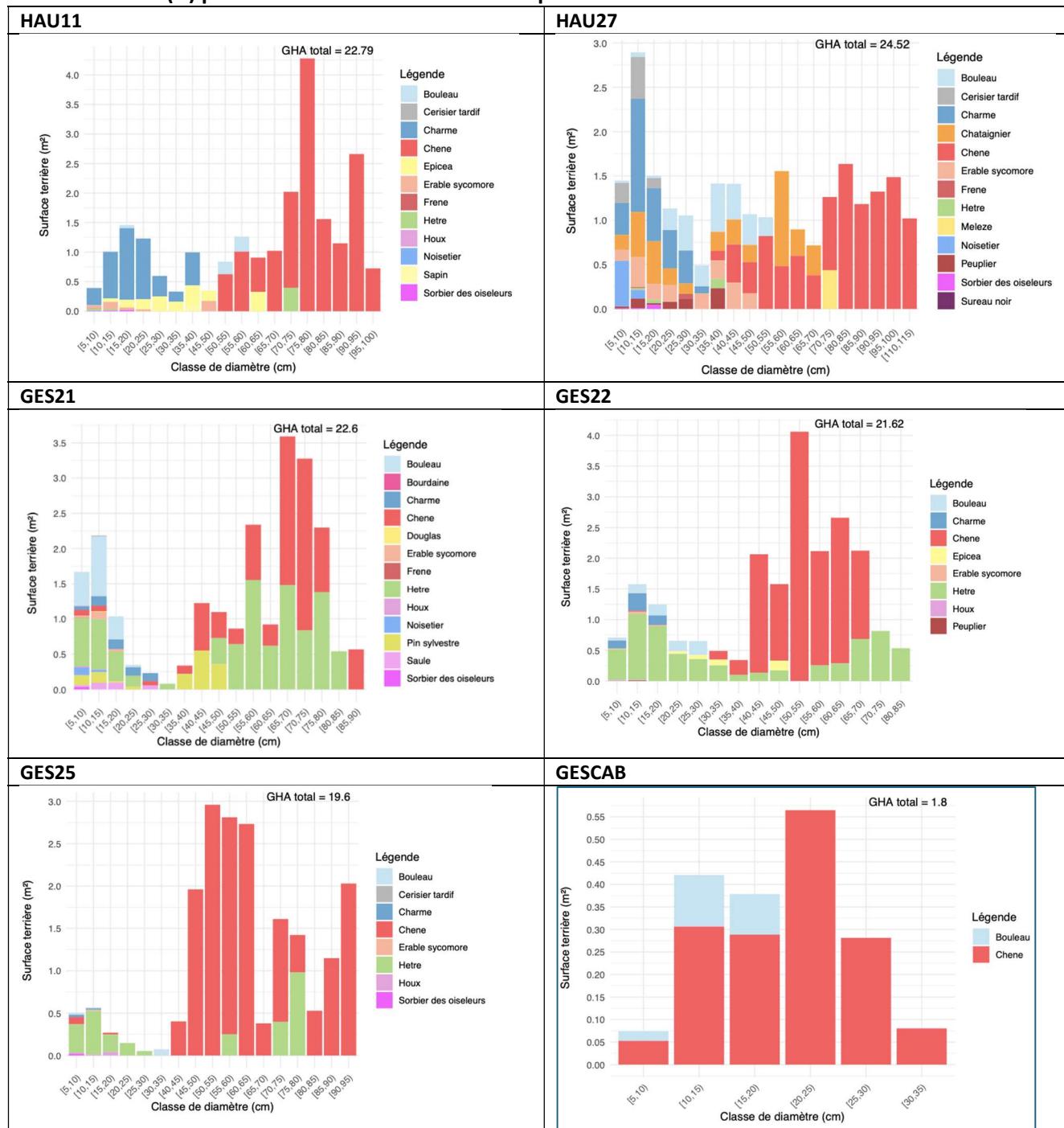
##### Nombre de tiges (N) par hectare et distribution du N par classe de diamètre :



<sup>10</sup> Données relevées par G.Muscat, étudiant Gembloux AgroBioTech, septembre 2024

- Sous-étage important de hêtre pour les ZE de Gesves (GES21, GES22, GES25) et de charme pour les ZE de Haugimont (HAU11 et HAU27).
- Présence de chêne essentiellement dans les catégories gros bois (150-200cm circ.) et très gros bois (>200cm circ.) dans les ZE HAU11, HAU27, GES22, GES25. Dans la ZE GES21, on observe aussi des perches (20-40cm circ.) et des petits bois (40-90cm circ.) de chêne en plus des gros bois et très gros bois.

### Surface terrière (G) par hectare et distribution de la G par classe de diamètre



- Volumes importants de chêne dans les catégories gros bois (150-200cm circ.) et très gros bois (>200cm circ.) dans les ZE HAU11, HAU27 et GES25. Dans les ZE GES21 et GES22, les volumes des GB et TGB se partagent entre chêne et hêtre.

#### Données dendrométriques : bilan par zone d'étude

Zone d'étude	Peuplement	NHA* (tiges/ha)	GHA* (m <sup>2</sup> /ha)	Structure
HAU11	Chênaie-charmaie	324	22,8	Peuplement irrégulier à gros et très gros bois
HAU27	Chênaie mélangée	704	24,5	Peuplement irrégulier à petits bois
GES21	Chênaie-hêtraie	633	22,6	Peuplement irrégulier à gros et très gros bois
GES22	Chênaie-hêtraie	433	21,6	Peuplement irrégulier à gros et très gros bois
GES25	Chênaie-hêtraie	232	19,6	Peuplement irrégulier à bois moyen et gros bois
GESCAB	Poste mise à blanc	85	1,8	-

##### Commentaires :

- \* à partir de 20cm de circonférence
- La surface terrière des chênaies des zones d'études correspond à la moyenne des chênaies wallonnes (20,4 m<sup>2</sup>/ha<sup>11</sup> - valeur qui n'inclut pas la catégorie 20-40cm) sauf pour la ZE GES25.
- Selon l'AFI<sup>12</sup> (Association Futaie irrégulière), une surface terrière entre 16 et 23 m<sup>2</sup>/ha (perches comprises) permet d'obtenir un peuplement à base de chêne stable et producteur, tout en obtenant une régénération de manière diffuse, par petites trouées consécutives à la récolte de gros bois.

#### Données sur l'historique des prélevements : bilan par zone d'étude

Zone d'étude	Peuplement	GHA (m <sup>2</sup> /ha)	Prélèvement annuel en V (m <sup>3</sup> /ha.an)	Prélèvement en G (m <sup>2</sup> /ha) par rotation de 8 ans	Taux de prélèvement en G (%)
HAU11	Chênaie-charmaie	22,8	6	4,25	18,6 %
HAU27	Chênaie mélangée	24,5	4,8	3,4	13,9 %
GES21	Chênaie-hêtraie	22,6	8,1	5,8	25,7 %
GES22	Chênaie-hêtraie	21,6	6	4,25	19,7 %
GES25	Chênaie-hêtraie	19,6	4,8	3,4	17,3 %
GESCAB	Poste mise à blanc	1,8	-	-	-

##### Commentaires :

Taux de prélèvements : selon l'AFI, les taux de prélèvements sont généralement compris entre 10 % et 20 % de la surface terrière, de manière plus exceptionnelle jusqu'à de 25 %. Dans un système géré en irrégulier, les taux de prélèvement en volume tendront à terme vers le taux d'accroissement.

Pour la ZE GES21, le prélèvement de 25,7 % correspond à la coupe importante qui a eu lieu en 2001 dans les gros hêtres : prélèvement de 150 m<sup>3</sup>/ha en une fois. Cela correspond à une phase exceptionnelle de décapitalisation dans les gros hêtres.

#### Données sur l'historique des travaux ciblés : bilan par zone d'étude

Zone d'étude	Peuplement	GHA (m <sup>2</sup> /ha)	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> /ha.an)	Travaux
HAU11	Chênaie-charmaie	22,8	6	Pas de travaux
HAU27	Chênaie mélangée	24,5	4,8	Pas de travaux

<sup>11</sup> Lecomte et al. (2015). Inventaire Forestier Wallon. Résultats 1994 - 2012. SPW, DGO3, DNF, Direction des Ressources forestières, Jambes, 236 pp.

<sup>12</sup> AFI (2022). Gestion des chênes, hêtres et douglas en sylviculture mélangée à couvert continu. Synthèse des dispositifs AFI. Projet Interreg Grande Région Askafor. 71p.

GES21	Chênaie-hêtraie	22,6	8,1	Travaux ciblés depuis 2010, passage tous les ans, en hiver. 12 heures/ha.an Repérage, dégagement et taille de formation des semis naturels de chêne sessile ou chêne pédonculé disséminés. Nombre d'options : environ 120/ha.
GES22	Chênaie-hêtraie	21,6	6	Pas de travaux
GES25	Chênaie-hêtraie	19,6	4,8	Travaux ciblés depuis 2010, passage tous les ans, en hiver. 12 heures/ha.an Repérage, dégagement et taille de formation des semis naturels de chêne disséminés. Nombre d'options : environ 120/ha.
GESCAB	Poste mise à blanc	1,8	-	-

**Commentaires :**

- Travaux ciblés : on observe que les travaux ciblés portent leurs fruits dans les ZE GES21 et GES25. En effet, ce sont les deux zones d'études qui ont la régénération naturelle de chêne la plus développée (1,5-10m de hauteur).
- Outils utilisés : Scie égoïne sur ceinture, canne à élagage télescopique (2,5m - 6m) avec scie, petite tronçonneuse d'élagage qui se tient à une main.



Travaux ciblés réalisés en faveur d'une gaule de chêne (zone d'étude HAU27)

## Régénération naturelle

### Surface régénérée, densité et composition : bilan par zone d'étude

Zone d'étude	Peuplement	Hauteur semis de chêne (classement initial)	Surface régénérée (%) par estimation visuelle	Densité totale (tiges/ha)
HAU11	Chênaie-charmaie	0,5-1,5m	23 %	9 712
HAU27	Chênaie mélangée	< 0,5m	40 %	3 536
GES21	Chênaie-hêtraie	3-10m	13 %	3 310
GES22	Chênaie-hêtraie	< 0,5m	14 %	21 883
GES25	Chênaie-hêtraie	1,5-7m	31 %	42 806
GESCAB	Poste mise à blanc	< 0,5m	17 %	5 521

#### Commentaires :

- Surface régénérée : à titre de comparaison, la surface régénérée naturellement en chênaie wallonne est de 11,1%<sup>13</sup>. Les zones d'études présentent toutes une surface régénérée supérieure à cette valeur.
- Surface régénérée : Selon l'AFI, des seuils de 10 à 15 % de surface régénérée en chêne sont considérés comme suffisants pour assurer le renouvellement en continu des peuplements. Les zones d'études présentent toutes une surface régénérée supérieure à cette valeur.
- Densité de tiges : à titre de comparaison, selon une étude<sup>14</sup> menée en contexte post-tempête, le nombre minimum de tiges/ha pour obtenir un peuplement viable économiquement est de 2500/ha. Les zones d'études présentent toutes une densité de tiges/ha supérieure à cette valeur.

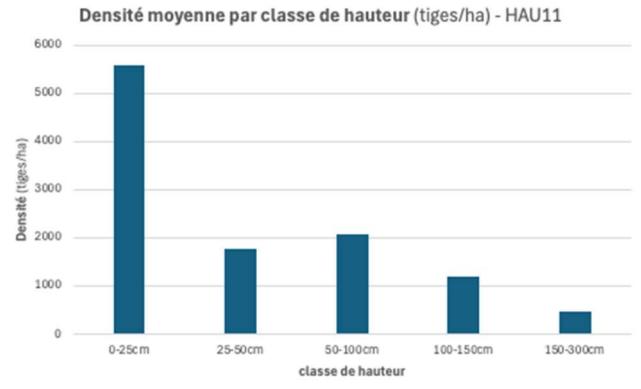
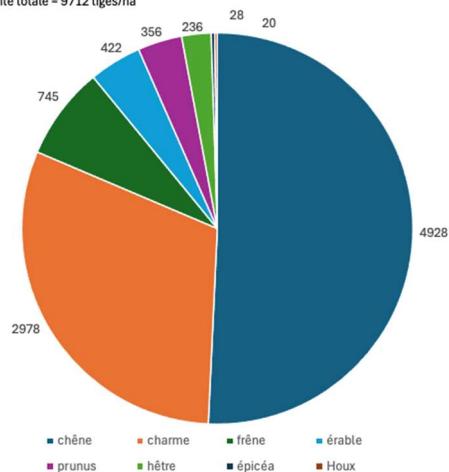
<sup>13</sup> Lecomte et al. (2015). Inventaire Forestier Wallon. Résultats 1994 - 2012. SPW, DGO3, DNF, Direction des Ressources forestières, Jambes, 236 pp.

<sup>14</sup> Laurent et al. (2022). Guide pratique pour favoriser les renouvellements mélangés dans les peuplements forestiers gérés selon les principes de la sylviculture mélangée à couvert continu. Reconstitution post-crise. Projet Interreg Grande Région Askafor, 64 p

## Répartition de la densité de tiges par essence et par classes de hauteur : bilan par zone d'étude

### HAU11

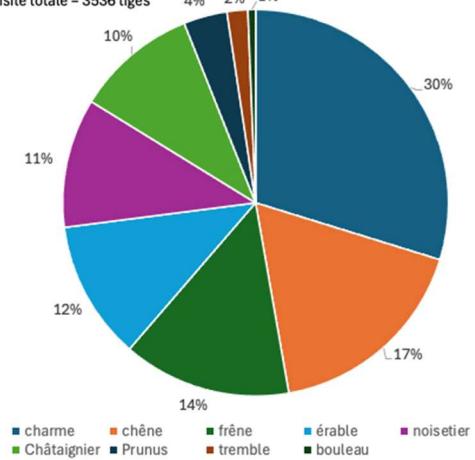
Densité de semis par essence (tiges/ha) - HAU11  
Densité totale = 9712 tiges/ha



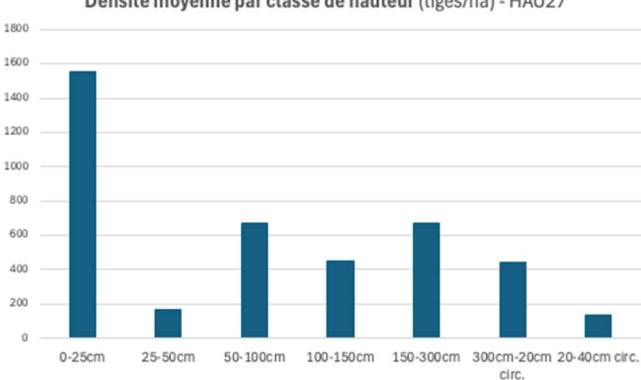
### HAU27

Densité de semis par essence (tiges/ha) - HAU27

Densité totale = 3536 tiges



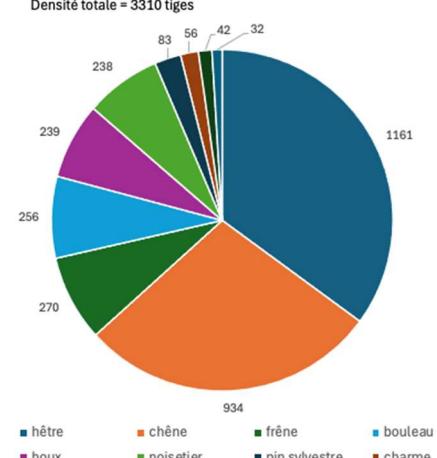
Densité moyenne par classe de hauteur (tiges/ha) - HAU27



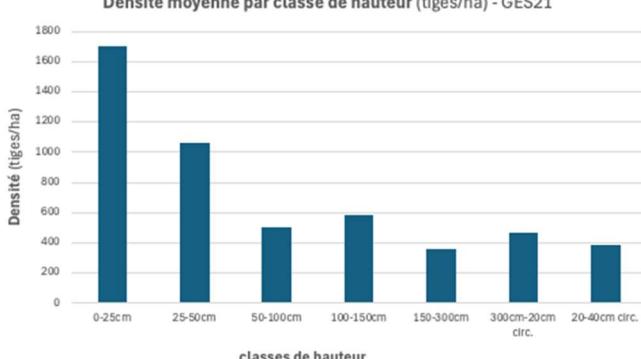
### GES21

Densité de semis par essence (tiges/ha) - GES21

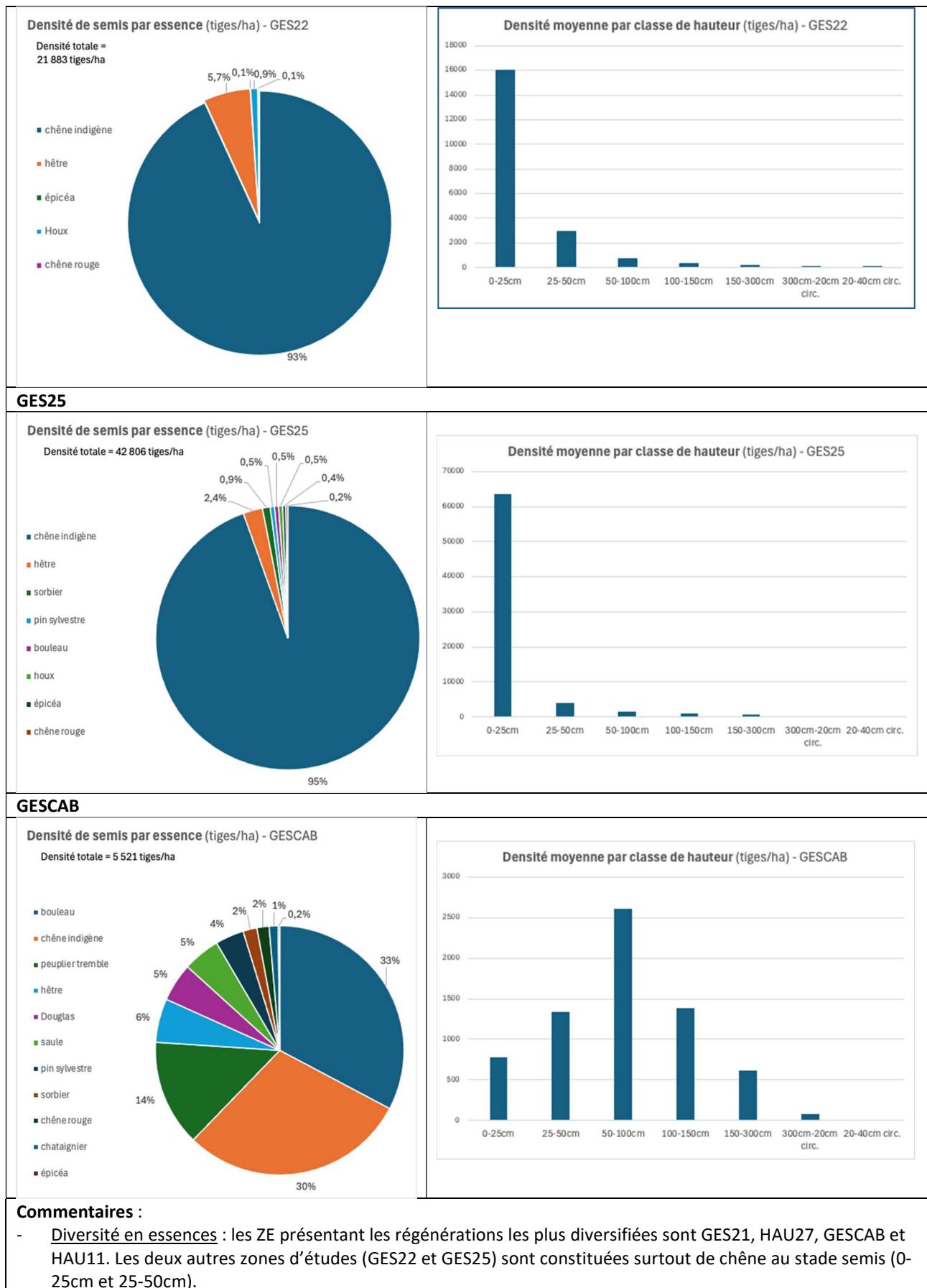
Densité totale = 3310 tiges



Densité moyenne par classe de hauteur (tiges/ha) - GES21



### GES22



- Diversité en essences : les essences les plus courantes après le chêne sont le charme, le hêtre, le frêne et le bouleau. Ensuite l'érable sycomore et le châtaignier surtout dans les zones d'études du bois d'Haugimont. Et de manière plus ponctuelle on peut trouver le tremble, le pin sylvestre, l'épicéa, le chêne rouge et le houx.
- Répartition par classes de hauteur : on observe une bonne distribution des classes de hauteur (courbe exponentielle décroissante) dans les ZE HAU11, HAU27 et GES21. Les classes de hauteur au dessus de 50cm sont bien représentées, ce qui montre une bonne dynamique de régénération. Cependant, la composition en essence n'est pas toujours en faveur du chêne ou des autres essences intolérantes à l'ombre.
- Concurrence : Dans toutes les zones d'études (sauf GES25), les semis de chêne sont en concurrence avec le hêtre (GES21, GES22), le charme (HAU11, HAU27) ou le bouleau (GESCA). Cette concurrence peut compromettre fortement l'avenir des semis de chêne, ce qui montre l'importance de réaliser des travaux ciblés de manière régulière.

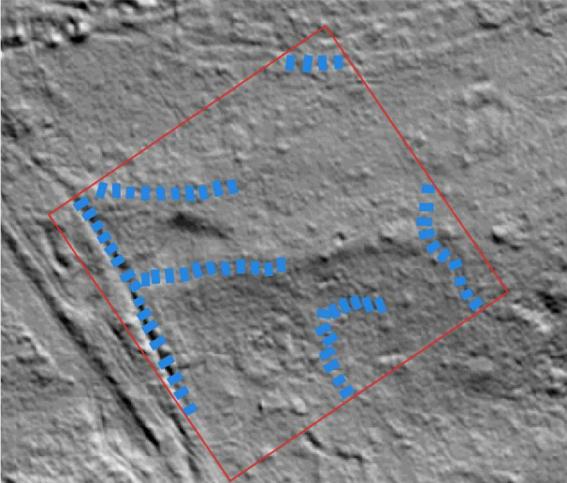
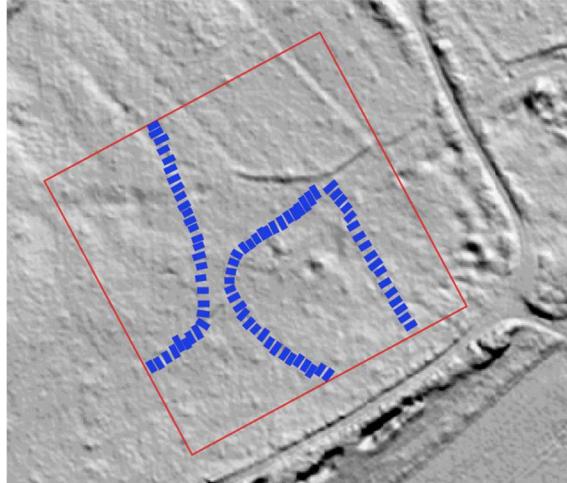
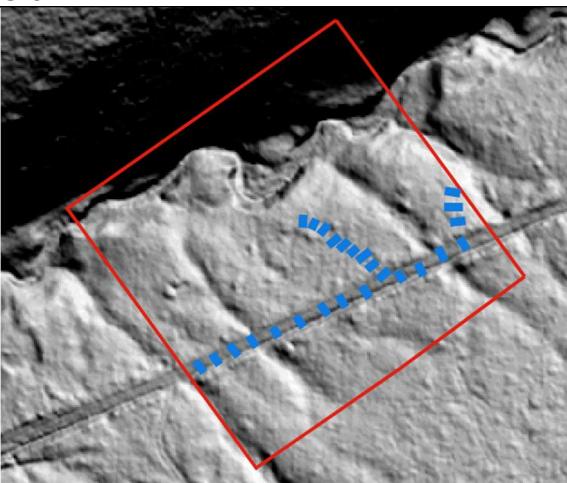
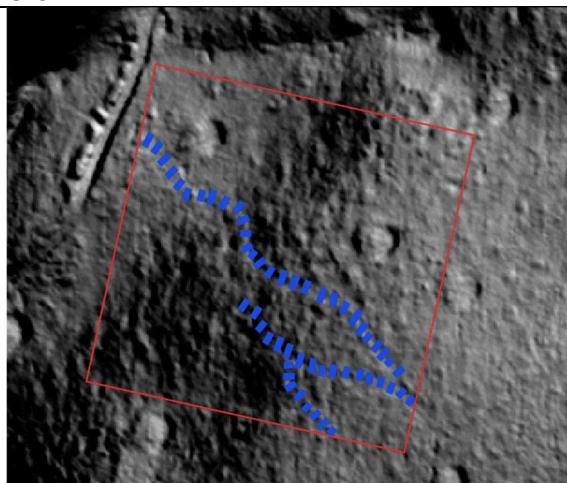
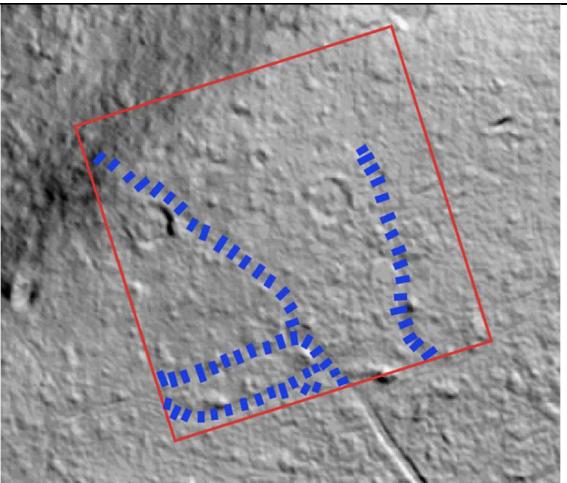
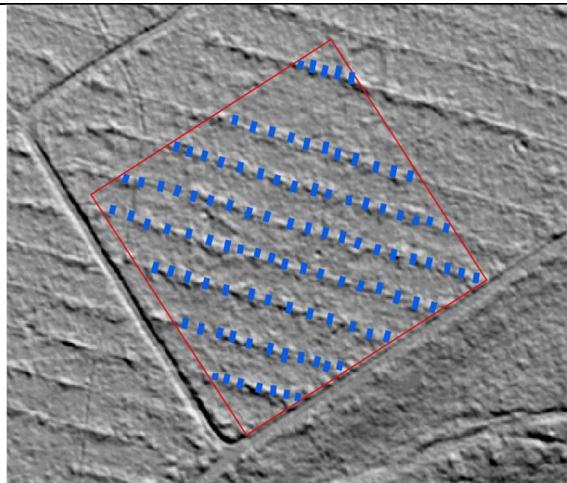
## Résultats des observations sur l'état des sols

### Anciens passages d'engins

Les traces des anciens passages d'engins ont été repérées sur le terrain comme dans la photo 1 (traces visibles) et aussi grâce à l'analyse de la couche cartographique MNT Hilleshade (2022). Il s'agit donc d'une surface minimum car il y a sûrement des anciens passages qui sont à la fois invisibles sur le terrain et sur la carte MNT.



**Photo 1 : exemple de traces de débardage visibles sur le terrain (zone d'étude HAU27)**

<b>HAU11</b>	<b>HAU27</b>
	
<b>Anciens passages visibles : 280m cumulés = 11% de la surface de la zone d'étude</b>	<b>Anciens passages visibles : 241 m cumulés = 9,6% de la surface de la zone d'étude</b>
<b>GES21</b>	<b>GES22</b>
	
<b>Anciens passages visibles : 152 m cumulés = 6,1% de la surface de la zone d'étude</b>	<b>Anciens passages visibles : 217 m cumulés = 8,7% de la surface de la zone d'étude</b>
<b>GES25</b>	<b>GESCAB</b>
	
<b>Anciens passages visibles : 365 m cumulés = 14,6% de la surface de la zone d'étude</b>	<b>Anciens passages visibles : 639 m cumulés = 26% de la surface de la zone d'étude</b>

#### Surface minimum de la zone d'étude impactée par le tassement des sols :

Zone d'étude	Surface impactée (%)	Cotation p/r au seuil de référence de 10%*	Commentaires
HAU11	11%	>10%	
HAU27	9,6%	<10%	Lisibilité réduite sur MNT (mauvaise qualité d'image)
GES21	6,1%	<10%	
GES22	8,7%	<10%	Lisibilité réduite sur MNT (mauvaise qualité d'image)
GES25	14,6%	>10%	Présence d'une zone de convergences de plusieurs layons.
GESCAB	26%	>10%	Anciens passages invisibles sur le terrain (végétation abondante) mais aisément lisibles sur carto MNT.

**Commentaires :**

- \* Le réseau d'exploitation de référence considéré dans cette étude = réseau d'exploitation à raison d'un layon de 4m de large tous les 40m. Dans ce cas, la proportion de la surface impactée par le tassement est de 10%.
- Surface impactée : Les résultats montrent que la moitié des zones d'étude sont en dessous du seuil de 10% et l'autre moitié sont au-dessus. On observe que ces résultats de surface impactée sont relativement hasardeux en raison de l'échelle non adaptée (trop petite) à ce paramètre. En effet, sur la ZE GES25, une zone de convergences de plusieurs layons se trouve en plein milieu de la zone d'étude, ce qui a pour conséquence d'augmenter fortement la surface impactée.

#### Espèces indicatrices de tassement du sol

La liste des plantes indicatrices de tassements et ornières présentes dans les zones d'études se trouve dans le tableau ci-dessous. Plusieurs d'entre elles appartiennent au groupe de la fougère femelle (espèces hygroclines et neutro-acidiphiles). Trois d'entre elles ont été observées de manière abondante sur les voies de débardage des zones d'études : le jonc épars, le jonc aggloméré et la laîche des bois. La canche cespitueuse est omniprésente sur les zones tassées des dispositifs.

Zone d'étude	Surface tassée (%)	Liste plantes indicatrices de tassement	Commentaires
HAU11	11%	<i>Jonc épars</i> <i>Laîche pâle</i>	- Jonc épars abondant sur layons
HAU27	9,6%	<i>Jonc épars</i> <i>Laîche des bois</i> <i>Canche cespitueuse</i>	- Développement important (nombreuses touffes) de laîche des bois sur les layons
GES21	6,1%	<i>Jonc épars</i> <i>Laîche pâle</i> <i>Laîche des bois</i> <i>Canche cespitueuse</i>	- Développement important (nombreuses touffes) de laîche pâle sur les layons
GES22	8,7%	<i>Jonc aggloméré</i> <i>Laîche des bois</i> <i>Canche cespitueuse</i>	
GES25	14,6%	<i>Jonc épars</i> <i>Jonc aggloméré</i> <i>Luzule des bois</i> <i>Canche cespitueuse</i>	- présence d'une grande zone de convergence de layons - plantes indicatrices de tassement concentrées sur passages visibles
GESCAB	26%	<i>Jonc épars</i> <i>Renoncule flammette</i> <i>Poivre d'eau</i>	- Très mauvaise visibilité des layons sur le terrain (végétation abondante), présence de

		<i>Canche cespiteuse</i>	<p>plantes indicatrices de tassemement un peu partout.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Renoncule flammette et poivre d'eau présentes dans les ornières</li> </ul>
--	--	--------------------------	--

#### Liste des plantes indicatrices de tassemement des sols dans les six zones d'études.

#### Humus index

Zone d'étude	Surface tassée (%)	Humus index*	Description :
HAU11	11%	Dysmoder (7) Eumoder (6)	Humus index de 6 ou 7 sur une échelle de 8 = humus à activité biologique faible à moyenne
HAU27	9,6%	Eumoder (6) Hémimoder (5)	Humus index de 5 ou 6 sur une échelle de 8 = humus à activité biologique moyenne
GES21	6,1%	Dysmoder (7) Eumoder (6)	Humus index de 6 ou 7 sur une échelle de 8 = humus à activité biologique faible à moyenne
GES22	8,7%	Dysmoder (7) Eumoder (6)	Humus index de 6 ou 7 sur une échelle de 8 = humus à activité biologique faible à moyenne
GES25	14,6%	Dysmull (4)	Humus index de 4 ou 5 sur une échelle de 8 = humus à activité biologique moyenne à bonne
GESCAB	26%	Dysmoder (7)	Humus index de 7 sur une échelle de 8 = humus à activité biologique faible
<b>Commentaires :</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Humus index</u><sup>15</sup> : un rang est affecté à chaque type d'humus sur une échelle allant des humus recyclant le plus vite la matière organique (rang 1) à ceux qui transforment le moins rapidement celle-ci (rang 8).</li> <li>- <u>Interprétation des résultats</u> : ces observations constituent un état des lieux des types d'humus observés sur les zones d'étude en 2024. Néanmoins, il est difficile d'interpréter ces résultats étant donné le caractère très local du type d'humus. En effet, le type d'humus peut varier très localement : par exemple, l'influence de la présence d'une espèce d'arbre à fane améliorante (sorbier, bouleau...) peut entraîner une modification locale du type d'humus. Une comparaison des types pourra quand même être faite lors du prochain état des lieux pour constater une éventuelle évolution des types d'humus, par exemple grâce à une diversification en essences ou grâce à une augmentation du bois mort au sol.</li> </ul>			

## 4. Conclusions et pistes d'améliorations

Grâce aux relevés et observations faites sur l'état de la régénération naturelle et l'état des sols, nous avons pu noter l'influence de la sylviculture Pro Silva mise en œuvre à Haugimont, à plusieurs niveaux.

Les données dendrométriques des peuplement adultes ont permis de mettre en avant la diversité en essences élevée des zones d'études. La structure des peuplements est relativement irrégulière (à l'exception de la mise à blanc), avec des variations de proportions de petits bois, bois moyens et gros bois essentiellement dû à l'historique des parcelles. Le chêne est présent essentiellement dans les catégories gros bois (150-200cm) et très gros bois (>200cm), ce qui confirme la nécessité de travailler dans les jeunes fourrés et gaulis.

<sup>15</sup> Jean-François Ponge (2012). L'Humus Index: un outil pour le diagnostic écologique des sols forestiers.

En ce qui concerne le sous-étage, qui est bien présent dans toutes les zones d'études, il est important de constater que le charme et le hêtre rentrent en concurrence avec les espèces moins tolérantes à l'ombrage et plus sensibles à la concurrence (chêne, pin sylvestre, bouleau...). Pour maintenir et augmenter les chances de développement de ces dernières, il est important de travailler le sous-étage (furetage) et même d'ouvrir certaines zones en éliminant très localement les espèces couvrantes du sous-étage (charme, hêtre et noisetier). Ces actions auront pour effet d'augmenter la part d'essences intolérantes à l'ombrage dans la régénération.

La surface terrière des chênaies des zones d'études se situent dans les fourchettes de surface terrières idéales en futaie irrégulière, ce qui permet d'obtenir des peuplements à base de chêne stables et producteurs, tout en obtenant une régénération de manière diffuse, par petites trouées consécutives à la récolte de gros bois. Les taux de prélèvements se situent également dans les fourchettes de prélèvements recommandées en sylviculture Pro Silva et permettent de continuer à prélever des volumes constants tous les 8 ans.

Concernant la régénération naturelle, presque tous les indicateurs sont positifs : surface régénérée et densité de tiges/ha. Au niveau de la diversité en essences, deux des zones d'études du bois de Gesves présentent une moins bonne diversité, mais ont une bonne proportion de semis de chêne, ce qui rassure au niveau de la diversité future. Au niveau de la répartition par classes de hauteur, on observe souvent les semis de chênes dans les classes de faibles hauteurs, ce qui montre le besoin de suivi des semis grâce aux travaux ciblés. D'ailleurs, on observe que les travaux ciblés portent leurs fruits dans les ZE GES21 et GES25 (régénération naturelle de chêne la plus développée : 1,5-10m de hauteur). Il est important de noter que les travaux ciblés ne doivent pas être réservés aux premiers stades, mais également aux stades gaulis et perches.

En ce qui concerne les observations faites au niveau de l'état des sols, les résultats sont plus difficiles à interpréter. La surface impactée par le tassemement varie d'une zone d'étude à l'autre et on constate que l'échelle de la zone d'étude n'est peut-être pas assez adaptée. De même, pour les identifications de types d'humus, on constate que le type d'humus peut varier très localement. Une analyse de l'impact de l'exploitation sur les sols pourrait s'envisager à l'échelle de la propriété.

Pour conclure, les 30 années de sylviculture Pro Silva appliquée dans le domaine d'Haugimont a eu un impact indéniable dans le fonctionnement des écosystèmes. Globalement on constate le dynamisme dans la gestion appliquée : les prélèvements sont soutenus, on constate une augmentation de la diversité et de la proportion des gros bois et on ne constate pas de capitalisation. Les inventaires totaux doivent se poursuivre et pourraient même s'agrémenter d'un suivi des gros bois de haute qualité et des arbres d'intérêt biologique. Et enfin, la mise en place future d'un réseau d'exploitation bien matérialisé sur le terrain ne peut qu'améliorer la gestion de ce domaine exemplaire.

## 5. Annexes

Relevés plantes vasculaires

Relevés régénération naturelle