

Catégorie Agronomique

Rue Paul Pastur, 11 – BP 7800 Ath

☎ : +32 (0)68 26 46 61 📠 : +32 (0)68 26 46 62

@ : secr.agro@condorcet.be

www.condorcet.be

Installation de martelosscopes à objectif « futaie irrégulière » en Forêt de Soignes

Travail de fin d'études présenté par

MATTEO MARCANDELLA

en vue de l'obtention du grade académique

de Bachelier en agronomie

Orientation : Forêt et Nature

Promoteur : Christophe Bauffe

Installation de marteloscopes à objectif
« futaie irrégulière » en Forêt de Soignes

Catégorie Agronomique

Rue Paul Pastur, 11 – BP 7800 Ath

☎ : +32 (0)68 26 46 61 📠 : +32 (0)68 26 46 62

@ : secr.agro@condorcet.be

www.condorcet.be

Installation de martelosscopes à objectif « futaie irrégulière » en Forêt de Soignes

Travail de fin d'études présenté par

MATTEO MARCANDELLA

en vue de l'obtention du grade académique

de Bachelier en agronomie

Orientation : Forêt et Nature

Promoteur : Christophe Bauffe

REMERCIEMENT

Tout d'abord, je tiens à remercier mon promoteur, monsieur Christophe Bauffe, pour avoir accepté d'encadrer ce travail de fin d'études, ainsi que pour les conseils qu'il a pu me promulguer lors de la rédaction et la relecture de ce travail.

Je tiens également à remercier mon maitre de stage, monsieur Frederik Vaes, pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein du département forestier de Bruxelles Environnement et pour ses conseils lors de mes recherches et de la réalisation de ce travail.

Je remercie l'ensemble du département forestier et particulièrement les ouvriers, surveillants et gardes forestiers de la première brigade pour l'accueil qu'ils m'ont réservé et pour m'avoir aidé dans la réalisation de mon stage ayant conduit à ce TFE.

Je souhaite remercier, Martin De Bock, pour les divers renseignements qu'il a pu me fournir lors de la rédaction de ce TFE.

Pour avoir permis de pousser ce travail au-delà des frontières bruxelloises et belges, je remercie monsieur Martin Winnock d'Inverde et monsieur Andreas Schuck de l'EFI pour leurs renseignements et l'inscription au programme Integrate+.

Enfin, je remercie du fond du cœur mes amis et ma famille pour m'avoir accompagné et soutenu pendant cette épreuve remplie d'enseignements.

TABLES DES MATIÈRES

Remerciement	I
Tables des matières	II
I. Liste des figures	V
II. Liste des tableaux.....	VII
III. Liste des annexes	VII
IV. Liste des abréviations	VIII
V. Glossaires	VIII
1. Introduction.....	1
2. La futaie irrégulière.....	2
2.1 Définition	2
2.1.1 Structure	3
2.2 Avantages et inconvénients.....	5
2.3 Les règles de martelage	7
2.3.1 Adéquation avec la sylviculture d'arbre objectif	10
2.4 En Belgique	11
2.4.1 En Wallonie.....	11
2.4.2 En Région-Bruxelles-Capitale	12
2.4.3 En Flandre	13
2.5 Recherche et diffusion de l'information.....	13
3. Les martelosopes	14
3.1 Définition	14
3.2 Étymologie et orthographe	14
3.3 Origine.....	15
3.4 Fonctionnement.....	16
3.4.1 Principe.....	16
3.4.2 Lieu d'installation	16
3.4.3 Superficie	16

3.4.4	Utilisation dans le temps	16
3.5	Données	17
3.5.1	Données de base	17
3.5.2	Données secondaires	18
3.6	Visualisation des exercices de martelage.....	19
3.7	Tout public.....	20
3.8	Autres outils de réflexion	20
4.	Installation des martelosopes	21
4.1	La Forêt de Soignes	21
4.1.1	Martelosopes « hêtraie cathédrale »	21
4.2	Le plan de gestion de 2019	22
4.3	Martelosopes « futaie irrégulière ».....	23
4.3.1	Contexte d'installation	23
4.3.2	Méthodologie	23
4.3.3	Marteloscope « du Tambour »	26
4.3.4	Marteloscope « du Caporal »	34
4.3.5	Remarques et critiques de l'installation.....	38
4.4	Inscription au programme « Integrate+ » de l'EFI.....	40
4.4.1	Présentation du projet.....	40
4.4.2	I+ Trainer	40
4.4.3	Adaptation.....	41
4.4.4	Résultat.....	42
5.	Exercice de martelage du 28.02.2020	43
5.1	Marteloscope du Tambour.....	44
5.1.1	Consigne de martelage au plan de gestion et retranscription sur le terrain	44
5.1.2	Résultats des prélèvements par équipes	45
5.1.3	Observation.....	47

5.1.4	Commentaire	48
5.2	Marteloscope du Caporal	50
5.2.1	Consigne de martelage au plan de gestion et retranscription sur le terrain 50	
5.2.2	Résultats des prélèvements par équipe.....	51
5.2.3	Observations.....	53
5.3	Observation globale.....	54
6.	Discussion	56
7.	Perspective technique	58
7.1	Scénario de prélèvement.....	58
7.2	Désignation des arbres objectif	59
7.3	Non intervention	60
8.	Conclusion.....	62
9.	Bibliographie.....	63

I. LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : SCHÉMA DE LA STRUCTURE HORIZONTALE DE L'IRRÉGULARISATION PAR PIEDS (CRPF - LIMOUSIN, 2011)	2
FIGURE 2 : SCHÉMA DE LA STRUCTURE HORIZONTALE DE L'IRRÉGULARISATION PAR GROUPES (CRPF - LIMOUSIN, 2011)	3
FIGURE 3 : DISTRIBUTIONS DIAMÉTRALES CORRESPONDANTES AUX TROIS TYPES DE STRUCTURES DE PEUPLEMENT : (A) STRUCTURE EN "J" INVERSÉ, (B) STRUCTURE IRRÉGULIÈRE ET (C) STRUCTURE RÉGULIÈRE (BOUCHER, DE GRANDPRÉ, & GAUTHIER, 2003,)	3
FIGURE 4 : DIAGRAMME TERNAIRE DES AIRES DE DÉFINITION DE LA FUTAIE IRRÉGULIÈRE (BACHELET, 2002) EN VERT CLAIR ET DE LA FUTAIE JARDINÉE (FUSAGX, 2007) EN VERT FONCÉ.....	4
FIGURE 5 : NIVEAUX DE CAPITAL SUR PIEDS OPTIMUMS AVANT MARTELAGE DÉFINIS EN SURFACE (G). (BAAR, 2010A)	7
FIGURE 6 : PRÉLÈVEMENT LORSQUE L'ACCROISSEMENT DU PEUPLEMENT FEUILLU N'EST PAS CONNU (BAAR, 2010A).....	8
FIGURE 7 : EXEMPLES DE DIMENSIONS D'EXPLOITABILITÉ D'ESSENCES (EN CENTIMÈTRES DE CIRCONFÉRENCE) EN FONCTION DE LA QUALITÉ DES BILLES DE PIED. (BAAR, 2010A)	9
FIGURE 8 : RÉPARTITION DE LA SURFACE FORESTIÈRE PAR TYPE DE STRUCTURE SELON LE TYPE DE COMPOSITION (ALDERWEIRELD, BURNAY, PITCHUGIN, & LECOMTE, 2015)	11
FIGURE 9 : ÉVOLUTION DE LA RÉPARTITION DE LA SURFACE FORESTIÈRE PAR TYPE DE STRUCTURE (ALDERWEIRELD, BURNAY, PITCHUGIN, & LECOMTE, 2015, P. 208)	12
FIGURE 10 : LOCALISATION DE LA FORÊT DE SOIGNES EN BELGIQUE (PARTIE BRUXELLOISE EN VERT À GAUCHE) (GAUCHE) (VANWIJNSBERGHE, ET AL., 2019) (DROITE) © BY STEFAN HELDERS VIA WIKIPEDIA	21
FIGURE 11 : CARTE DE LOCALISATION DES MARTELOSOPES « HÊTRAIE CATHÉDRALE », ICI APPELÉS MARTELODROME. (CDAF-IBGE, 2007).....	22
FIGURE 12 : LOCALISATION ET NUMÉROTATION DES JALONS DU MARTELOSCEPE DU TAMBOUR.	24
FIGURE 13 : MAILLAGE DES POINTS D'INVENTAIRE SUR LA RÉGÉNÉRATION DU MARTELOSCEPE N°4 PAR RAPPORT AU JALON DE REPÉRAGE.	25
FIGURE 14 : LOCALISATION ET EMPRISE DU MARTELOSCEPE N°4 (URBIS, S.D.).....	26
FIGURE 15 : NUMÉROTATION DE L'ARBRE N°17 DU MARTELOSCEPE N°4 (©MATTEO MARCANDELLA)	27
FIGURE 16 : PROPORTION DE SURFACE TERRIÈRE PAR ESSENCE DANS LE MARTELOSCEPE N°4	27
FIGURE 17 : RÉPARTITION DES ARBRES PAR CLASSE DE CIRCONFÉRENCE POUR LE MARTELOSCEPE N°4	28
FIGURE 18 : RÉPARTITION DES ARBRES DANS LE M4 AVEC APPRÉCIATION DE L'ESSENCE ET GROSSEUR DES POINTS PROPORTIONNELLE À LA SURFACE TERRIÈRE.	29
FIGURE 19 : RÉPARTITION DES ARBRES MORTS AU SOL SUR LE MARTELOSCEPE N°4. (LARGEUR DE LA FLÈCHE DEUX FOIS PLUS GRANDE QUE LE DIAMÈTRE RÉEL. VOLUME APPROCHÉ AU CYLINDRE AU-DESSUS DE LA FLÈCHE.)	30
FIGURE 20 : ESSENCES, RECOUVREMENT, HAUTEURS ET QUALITÉS DE LA RÉGÉNÉRATION SUR LE MARTELOSCEPE DU TAMBOUR AU 7 SEPTEMBRE 2020. À OBSERVER SELON LES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE EN FIGURE 13. (ES : ÉRABLE SYCOMORE)	31
FIGURE 21 : BORNE DU MARTELOSCEPE N°4 (©MATTEO MARCANDELLA)	33
FIGURE 22 : LOCALISATION ET EMPRISE DU MARTELOSCEPE N°5	34
FIGURE 23 : NUMÉROTATION PEINTE SUR L'ARBRE N°182 DU MARTELOSCEPE N°5 (©MATTEO MARCANDELLA)	35
FIGURE 24 : PROPORTION DES ESSENCES PAR SURFACE TERRIÈRE DU MARTELOSCEPE N°5	35
FIGURE 25 : RÉPARTITION DES ARBRES PAR CLASSE DE C150 THÉORIQUE POUR LE MARTELOSCEPE N°5	36

FIGURE 26 : RÉPARTITION DES ARBRES DU MARTELOSCOPE N°5	37
FIGURE 27 : DÉTAILS D'UN NUMÉRO TRACÉ À LA GRIFFE SUR UN HÊTRE DANS LE MARTELOSCOPE N°4 (©MATTEO MARCANDELLA) .	38
FIGURE 28 : EXEMPLE DE NUMÉROTATION D'UN ARBRE DANS LE MARTELOSCOPE N°3. (©MATTEO MARCANDELLA)	38
FIGURE 29 : INTERFACE DE I+ TRAINER POUR LE MARTELOSCOPE DU TAMBOUR CAPTURER VIA I+SOFTWARE (SCHUCK, KRAUS, KRUMM, HELD, & SCHMITT, 2015)	42
FIGURE 30 : DISCUSSION APRÈS EXERCICE SUR LE MARTELOSCOPE DU TAMBOUR. (© MATTEO MARCANDELLA)	43
FIGURE 31 : LÉGENDE DE L'EXERCICE DU MARTELOSCOPE N°4.....	44
FIGURE 32 : REPRÉSENTATION DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA RÉGÉNÉRATION PAR QUALITÉ AVEC LA RÉPARTITION DES ARBRES DANS LE MARTELOSCOPE DU TAMBOUR.....	48
FIGURE 33 : PHOTO ILLUSTRÉE DE LA SITUATION DE L'ARBRE N°133 DU MARTELOSCOPE N°4.....	49
FIGURE 34 : LÉGENDE DE L'EXERCICE DU MARTELOSCOPE N°5	50
FIGURE 35 : REPRÉSENTATION DE LA COMPOSITION EN TYPE DE BOIS DE L'ÉTAT INITIAL (ROND) DES MARTELOSOPES N°4 (ROUGE) ET N°5 (BLEU) AINSI QUE LEURS EXERCICES (CROIX)	54
FIGURE 36 : RÉSULTAT DES EXERCICES DE MARTELAGE COMPARÉS AUX DÉFINITIONS DE FUSAGX (2007) EN VERT FONCÉ ET BACHELET (2002) EN VERT CLAIR.	55
FIGURE 37 : DISTANCES ENTRE LES ARBRES-OBJECTIF ET LE RESTE DU PEUPLEMENT DANS DES PLAGES IRRÉGULIÈRES PAR PIED.....	59

II. LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1 : TRADUCTION DANS PLUSIEURS LANGUES EUROPÉENNES DU TERME "MARTELOSCOPE"	15
TABEAU 2 : RÉCAPITULATIF DES DONNÉES DENDROMÉTRIQUES DU MARTELOSCOPE N°4	33
TABEAU 3 : RÉCAPITULATIF DES DONNÉES DENDROMÉTRIQUES DU MARTELOSCOPE N°5	36
TABEAU 4 : RÉSUMÉ DES PRÉLÈVEMENTS POUR LES QUATRE GROUPES SUR LE MARTELOSCOPE N°4.....	47
TABEAU 5 : RÉSUMÉ DES PRÉLÈVEMENTS POUR LES QUATRE GROUPES SUR LE MARTELOSCOPE N°5.....	53
TABEAU 6 : SCÉNARIO DE COUPE DANS LE MARTELOSCOPE N°4 (SI : SITUATION INITIALE ; R : ROTATION ; R : MI-ROTATION).....	58
TABEAU 7 : SCÉNARIO DE COUPE DANS LE MARTELOSCOPE N°5 (SI : SITUATION INITIALE ; R : ROTATION ; R : MI-ROTATION).....	58

III. LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 - Code des micro-habitats du programme CooRenSy	A1
Annexe 2 - Script python de création du maillage de repérage des marteloscope pour QGIS	A3
Annexe 3 - Script python de localisation des arbres pour QGIS	A5
Annexe 4 - Localisation des marteloscope en Forêt de Soignes	A6
Annexe 5 - Maillage du marteloscope n°5	A7
Annexe 6 - Inventaire des bois morts sur le marteloscope du Tambour	A7
Annexe 7 - Inventaire de la régénération sur le marteloscope du Tambour	A8
Annexe 8 - Inventaire marteloscope n°4 « du Tambour » 2019	A11
Annexe 9 - Inventaire marteloscope n°5 « du Caporal » 2019	A15
Annexe 10 - Tableau de prix par essence et classe de circonférence de Martin Winnock (INVERDE)	A21
Annexe 11 - Tableau des prix pas essences et classe de circonférence du marteloscope n°4	A22
Annexe 12 - Fiche Integrate+ du marteloscope n°4	A23
Annexe 13 - Rapport d'exercice du marteloscope n°4	A25
Annexe 14 - Rapport d'exercice du marteloscope n°5	A29

IV. LISTE DES ABRÉVIATIONS

C150 : Circonférence de l'arbre à 1,5 mètre de hauteur

D130 : Diamètre de l'arbre à 1,3 mètre de hauteur

G : Surface terrière

PB : Petit Bois. Arbre de C150 comprise entre 40 et 90 cm.

BM : Moyen Bois. Arbre de C150 comprise entre 90 et 150 cm.

GB : Gros Bois. Arbre de C150 comprise entre 150 et 200 cm ou supérieur à 150 cm si on ne fait pas la distinction avec les TGB.

TGB : Très Gros Bois. Arbre de C150 supérieur à 200 cm.

V. GLOSSAIRE

Dendromicrohabitat : petit habitat retrouvé dans les arbres créé par la présence de cavité, blessure, bois mort, accumulation de matière organique, etc.

Fragipan : Couche limoneuse indurée.

Futaie : Régime sylvicole visant à produire des arbres francs de pied.

Néologisme : Tout mot de création récent ou emprunté depuis peu à une autre langue. (Larousse, s.d.)

Surface terrière : Surface de la section d'un ou plusieurs arbres à 1,5 mètre du sol.

Taillis : Régime sylvicole visant à la production d'arbre aux multiples tiges via la reproduction végétative pour produire rapidement des tiges de petit diamètre ou de la biomasse. Désigne également les individus issus de ce traitement.

1. INTRODUCTION

L'augmentation significative des épisodes de canicule et sécheresse associée est un symptôme direct du changement climatique déjà bien entamé. Ces événements ont un impact majeur sur nos forêts.

Pour se donner les chances de léguer aux générations futures une forêt dans le meilleur état possible, le département forestier de Bruxelles Environnement, responsable de la Forêt de Soignes, s'est muni d'un nouveau plan de gestion pour le massif bruxellois.

Ce nouveau plan de gestion a changé la vocation d'un grand nombre de peuplements en les vouant à la « futaie irrégulière », un type de gestion innovateur pour le massif Sonien.

Pour accompagner les gardes forestiers dans l'irrégularisation de ces peuplements, deux dispositifs d'entraînements ont été mis en place, il s'agit de marteloscopes.

L'objectif de ce travail de fin d'études est de participer à la réflexion sur la mise en place de marteloscope dans un contexte d'apprentissage de la gestion en futaie irrégulière.

Ce travail a pour but de contribuer à la définition de la futaie irrégulière, son état en Belgique et de quelle manière on atteint un peuplement irrégulier. Il vise aussi à définir et à éclaircir les caractéristiques entourant les marteloscopes, de documenter l'installation de deux de ces dispositifs au sein de la Forêt de Soignes et de partager les observations réalisées à partir des exercices de martelage réalisés en leur sein.

2. LA FUTAIE IRRÉGULIÈRE

2.1 DÉFINITION

La futaie irrégulière est un type de gestion qui vise à atteindre une structure où le peuplement est composé d'un mélange plus ou moins intime d'arbres francs de pied de dimensions et d'âges différents (Baar, 2010a). Elle se caractérise par la présence de l'ensemble des stades d'évolution du peuplement, du semis à la vieille futaie (Office National des Forêts, 2009).

Ce mode de gestion n'est pas nouveau, il existe depuis longtemps, mais a souffert d'une mauvaise image peinte par ses détracteurs la considérant comme une gestion des peuplements laxiste et incontrôlable. Ce n'est qu'assez récemment, avec l'apparition des symptômes de l'excès de la sylviculture monospécifique équiennne que ce type de gestion s'est repopularisé auprès de bon nombre de sylviculteur et d'expert du milieu. (Baar, 2010a)

Aujourd'hui, les critiques apportées à la futaie irrégulière visent essentiellement sa productivité ou sa rentabilité et non plus des aspects esthétiques ou idéologiques. En effet, cette méthode nécessite une meilleure connaissance de l'écosystème forestier et une réflexion plus poussée pour en obtenir tous les avantages. (Baar, 2010a)

Cette gestion peut se présenter sous deux grandes formes (CRPF - Limousin, 2011):

- L'irrégularisation par pied d'arbre : un mélange intime des arbres au sein du peuplement, représenté dans la figure 1.

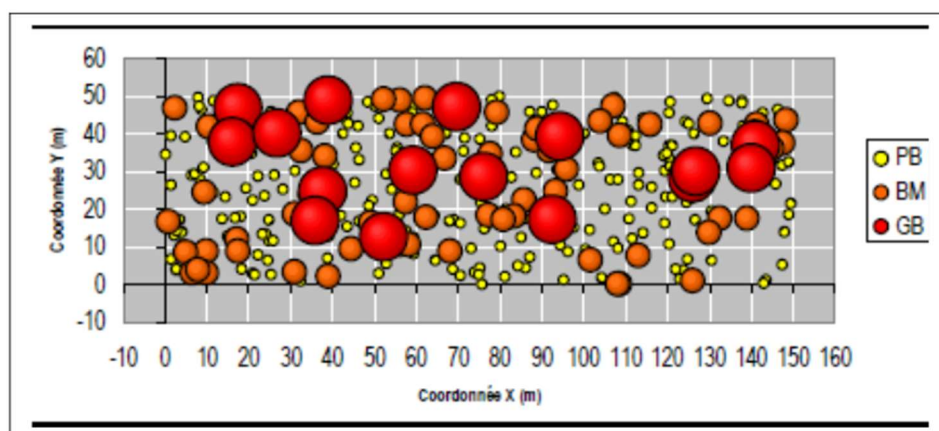


Figure 1 : Schéma de la structure horizontale de l'irrégularisation par pieds (CRPF - Limousin, 2011)

- L'irrégularisation par groupe : les arbres sont mélangés à l'échelle macroscopique au sein du peuplement et sont regroupés par bouquet ou parquet (Fig. 2).

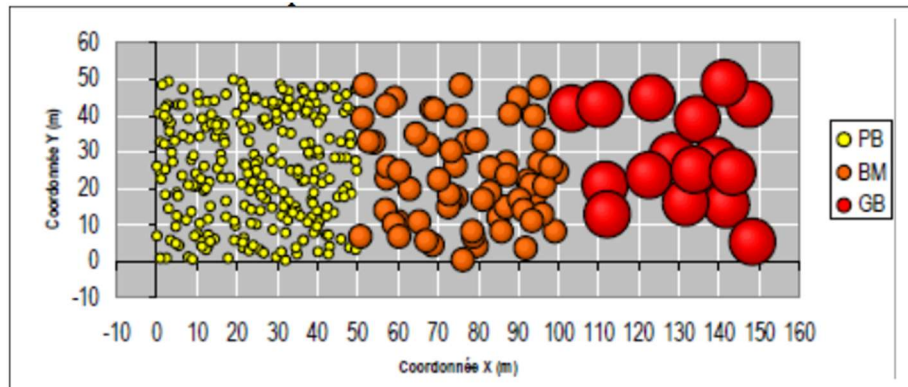


Figure 2 : Schéma de la structure horizontale de l'irrégularisation par groupes (CRPF - Limousin, 2011)

2.1.1 Structure

Selon Boucher, De Grandpré, & Gauthier (2003, p. 319), il existe trois principaux types de structure au niveau de la répartition des tiges par classe de grosseur.

La plus connue est la distribution unimodale en cloche de la futaie régulière comme présentée dans la figure 3(c). Ensuite, on retrouve la structure irrégulière avec une grande diversité de classe de grosseur (Fig 3b). Et enfin, la structure en « J » inversé (ou en hyperbole) (Fig. 3a) qui se rapproche de la structure de la futaie jardinée décrite par Baar (2010a).

Selon Smith, Larson, Kelty & Ashton (1997), ces deux dernières structures sont toutes deux considérées comme irrégulières.

Cependant, Boucher *et al* (2003) indiquent que ces structures sont assez compliquées à apprécier au sein de placettes d'inventaire. D'autant plus si les arbres de

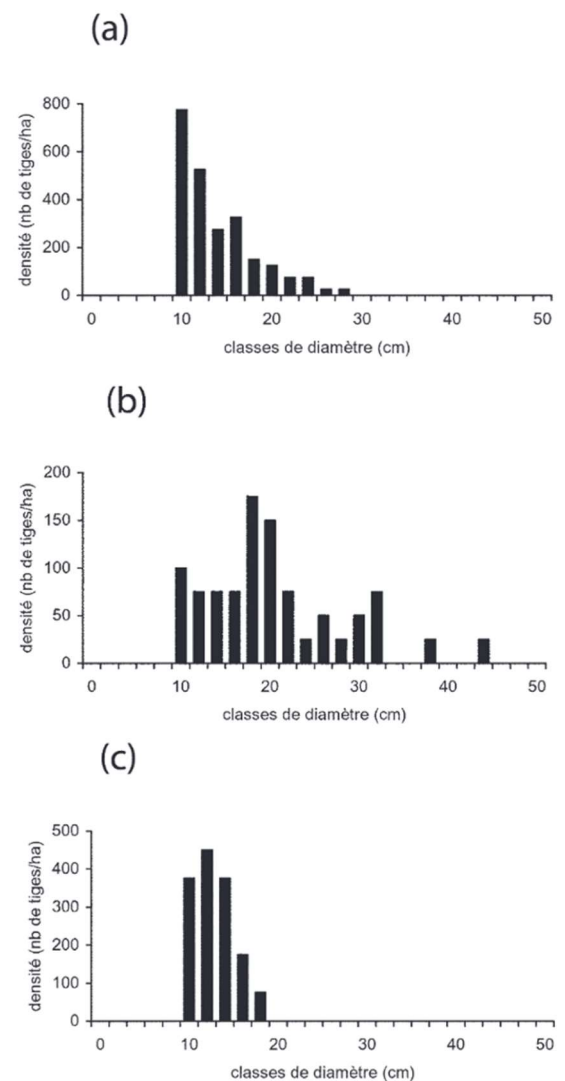


Figure 3 : Distributions diamétrales correspondantes aux trois types de structures de peuplement : (a) structure en "J" inversé, (b) structure irrégulière et (c) structure régulière (Boucher, De Grandpré, & Gauthier, 2003,)

moins que 30 cm de circonférence ne sont pas pris en compte.

Certaines typologies de structure présentent la futaie irrégulière et la caractérisent dans sa composition en classe de bois.

Ainsi, Bachelet (2002), dans la typologie présentée, définit les peuplements irréguliers comme étant composés d'au minimum 20% de surface terrière (G) en Moyen Bois (MB) et maximum 75% en Gros Bois (GB).

Ensuite, FUSAGx (2007) considère les peuplements comme étant « jardinés » si la part de G en Petit Bois (PB) se situe entre 25 et 50% et soit que la part de GB soit comprise entre 15% et 33%, soit si elle est supérieure à 33% que la part de MB soit également supérieur à 33%.

Une manière de représenter ces proportions de manière plus visuelle est via un graphique ternaire, notamment utilisé en pédologie pour représenter les proportions d'éléments granulométriques.

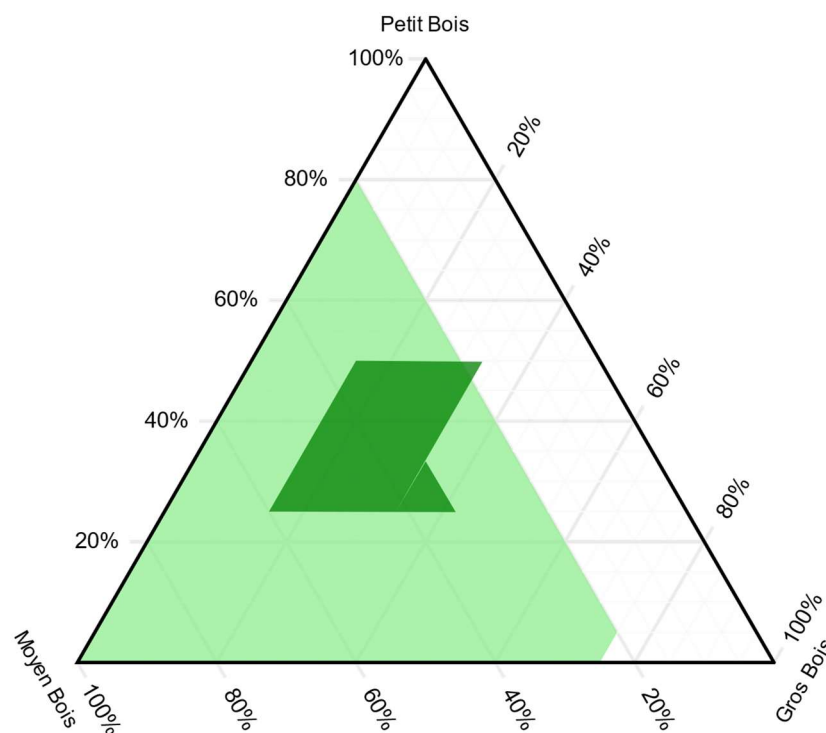


Figure 4 : Diagramme ternaire des aires de définition de la futaie irrégulière (Bachelet, 2002) en vert clair et de la futaie jardinée (FUSAGx, 2007) en vert foncé.

Dans la figure 4, on peut remarquer que la définition de la futaie irrégulière selon Bachelet (2002) englobe en grande partie la définition de la futaie jardinée selon FUSAGx (2007).

2.2 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Ce type de gestion a de nombreux avantages :

Tout d'abord d'un point de vue sylvicultural et économique :

- + *Une proportion importante d'arbres de futaie commercialisables par unité de surface étant donné la superposition des strates et la faible surface consacrée au renouvellement (Baar, 2010a) ;*
- + *Un revenu régulier grâce à la récolte d'arbres matures à chaque rotation. (CRPF - Limousin, 2011)*
- + *Dans le cas d'un mélange au niveau des espèces on retrouve une utilisation maximale du potentiel productif de la station liée à la superposition des strates d'enracinements (Baar, 2010a) ;*
- + *Grâce à l'absence de mise à blanc une protection durable de la qualité des sols : l'érosion est réduite et il y a un moindre lessivage des minéraux nutritifs (Baar, 2010a), mais également de l'évaporation de l'eau du sol (CRPF - Limousin, 2011) ;*
- + *Des investissements réduits en travaux de dépressage, de dégagement, de tailles et d'élagage, grâce à la pénombre en sous-bois qui favorise le dépressage et le dégagement naturels, la différenciation forte des semis à l'élagage naturel des branches (Baar, 2010a) ;*
- + *Une résistance importante des peuplements face aux perturbations climatiques et sanitaires (Baar, 2010a) ;*
- + *Une capacité de réaction et de reconstitution naturelle rapide des peuplements endommagés. (Baar, 2010a) ;*
- + *Meilleure stabilité des peuplements grâce à la protection mutuelle des arbres de taille différente, à un meilleur ancrage des arbres au sol et un élancement généralement faible (CRPF - Limousin, 2011) ;*
- + *Plus grande tolérance aux attaques parasitaires (insectes et champignons) et moins grande sensibilité aux dégâts de gibier grâce à la présence de différentes classes d'âge, au mélange des essences, à la dispersion des taches de semis et au caractère naturel des jeunes arbres (CRPF - Limousin, 2011) ;*

- + *Permet de valoriser au mieux des forêts « mitées » suite au chablis où l'on a encore des arbres à laisser grossir avec des trouées qui se régénèrent (CRPF - Limousin, 2011) .*

Ensuite, écologiquement :

- + *Grâce à l'absence de coupe à blanc, la possibilité de maintenir des arbres de valeur écologique au-delà de leur terme d'exploitabilité économique et physique. La présence de ces gros bois morts permet ainsi à une faune et une flore rare, souvent utiles pour la santé des forêts, de se maintenir (Baar, 2010a) ;*
- + *Grâce au maintien continu du couvert, une protection durable de la biodiversité typique du milieu forestier. (Baar, 2010a)*
- + Dans un contexte de mélange d'essences, la diversité des fanes peut permettre une meilleure humification de la litière que dans le cas d'un peuplement monospécifique en hêtre (*Fagus sylvatica*) (comme en Forêt de Soignes), dont les feuilles superposées peuvent colmater la litière et freiner son humification.

Enfin, d'un point de vue esthétique, grâce à son mélange d'essences et d'âges, la futaie irrégulière permet d'observer un paysage à l'aspect beaucoup plus naturel qui peut faire oublier l'emprise de l'homme sur ce milieu. (Baar, 2010a)

Évidemment, ce type de gestion ne peut pas être mis en place n'importe où, ou du moins pas dans n'importe quelle condition :

- *D'une manière générale, un déséquilibre forêt-gibier rendra plus difficile la transition vers la futaie irrégulière, les dégâts se concentrant sur des régénérations encore peu abondantes et dispersées (CRPF - Limousin, 2011) ;*
- *Il s'agit d'une structure difficile à maintenir en équilibre qui nécessite donc une gestion minutieuse, fine, voire difficile à mettre en œuvre dans la durée (CRPF - Limousin, 2011).*
- *Précautions indispensables lors de l'exploitation des bois pour éviter des dégâts aux arbres conservés et aux semis (CRPF - Limousin, 2011) ;*
- *Les produits récoltés sont très divers (dimension des arbres, espèces) ; ils peuvent donc être plus difficiles à commercialiser (volumes suffisants pour*

mobiliser un porteur ou un débardeur, ainsi que pour les transporter à la scierie soit un grumier minimum par catégorie de produit) (CRPF - Limousin, 2011) . Il est donc nécessaire de mettre en place cette gestion sur d'assez grande surface et d'avoir des coupes de tailles suffisantes pour obtenir des lots homogènes et attractifs.

2.3 LES RÈGLES DE MARTELAGE

Comme mentionné ci-dessus, cette gestion nécessite de prendre en compte de multiples facteurs pour être correctement appliquée. François Baar (2010a) cite les objectifs suivants :

- Atteindre ou maintenir un matériel sur pied optimal.

L'un des objectifs du martelage en futaie irrégulière est de parvenir à un peuplement disposant d'une assez grande diversité de dimension d'arbres (du semis au très gros bois), mais également de maintenir le bon fonctionnement de l'écosystème forestier. Pour ce faire, il est nécessaire d'atteindre ou maintenir la surface terrière à un optimum (Fig. 5) variant selon la nature du peuplement et les objectifs recherchés.

G (bois mesurés > 40 cm de circ.)	Objectifs en feuillus
18 m ² /ha (variation de 15 à 18 m ² /ha)	• Bon fonctionnement de l'écosystème forestier feuillu mélangé • Obtention et maintien d'un semis de qualité d'essences de lumière, de demi-ombre et d'ombre • Risque dans certaines stations de prolifération de graminées, de ronce et de fougère bloquant l'installation du semis
21 m ² /ha (variation de 18 à 21 m ² /ha)	• Bon fonctionnement de l'écosystème forestier feuillu à dominance d'essences d'ombre • Obtention et maintien d'un semis de qualité d'essences de demi-ombre et d'ombre
	Objectifs en résineux
27 m ² /ha (variation de 22 à 32 m ² /ha)	• Bon fonctionnement de l'écosystème forestier résineux (essences de lumière et demi-ombre : douglas, mélèze et épicéa) • Obtention et maintien d'un semis de qualité en douglas, mélèze et épicéa
32 m ² /ha (variation de 27 à 37 m ² /ha)	• Bon fonctionnement de l'écosystème forestier résineux (essences de demi-ombre : douglas et épicéa) • Obtention et maintien d'un semis de qualité en douglas et épicéa

Figure 5 : Niveaux de capital sur pieds optimums *avant* martelage définis en surface (G). (Baar, 2010a)

- Marteler en suffisance

Pour atteindre ou maintenir un capital sur pied optimum, il est nécessaire d'effectuer un prélèvement parcimonieux du capital du peuplement. Si le matériel sur pied est en densité idéale, une coupe jardinatoire aurait pour but de prélever l'accroissement encouru entre les deux rotations, que l'on nomme « possibilité » ou « P » et que l'on exprime en m²/ha. Cette possibilité, sera donc égale à l'accroissement (s'il est connu) exprimé en m²/ha.an, multiplié par le nombre d'années entre deux rotations.

Cependant, il n'est pas exclu de se retrouver dans des situations de surcapital (avec un surplus) ou même de sous-capital, c'est-à-dire avec une valeur de surface terrière (désigné « G »), respectivement, supérieure ou inférieure à l'optimum avant martelage. Dans ces cas-là, il est nécessaire de prélever plus ou moins que l'accroissement du peuplement. Dans le cas de la présence d'un surplus, il peut être prélevé à l'occasion d'un passage à mi-rotation ou également être réparti sur plusieurs rotations si ce n'est pas possible ou s'il est trop élevé.

En effet, il est nécessaire de procéder par paliers pour ne pas déstabiliser le peuplement et engendrer l'apparition de coups de soleil, gourmand, chablis, etc. qui déprécieront et affaibliront les arbres.

Dans le cas où l'accroissement du peuplement n'est pas connu (Fig. 6), on va considérer l'accroissement annuel en surface terrière chez les feuillus à 2,5% et 3% chez les résineux.

Niveau de matériel sur pied avant martelage, exemple	Prélèvement ou possibilité (m ² /ha)		
	Rotation de 8 ans*	Rotation de 10 ans**	Rotation de 12 ans***
Surcapital : 25 m ²	5 m ² /ha	6,25 m ² /ha	7,5 m ² /ha
Capital optimum : 18 m ²	3,6 m ² /ha	4,5 m ² /ha	5,4 m ² /ha
Sous-capital : 10 m ²	2 m ² /ha	2,5 m ² /ha	3 m ² /ha

* Possibilité = 20 % de la surface terrière (20 % = 8 ans x 2,5 %)
 ** Possibilité = 25 % de la surface terrière (25 % = 10 ans x 2,5 %)
 *** Possibilité = 30 % de la surface terrière (30 % = 12 ans x 2,5 %)

Figure 6 : Prélèvement lorsque l'accroissement du peuplement feuillu n'est pas connu (Baar, 2010a)

- Marteler en priorité : les GB et TGB mûrs, les perches et les PB

Le but premier de cette mesure est de récolter les bois ayant dépassé leur maximum d'accroissement, et donc des bois qui ont une grande valeur, mais qui ne vont plus en gagner. Ensuite, cela va également permettre de travailler sur les perches et les petits bois présentant un bon potentiel, en leur donnant plus d'espace pour former un houppier conséquent pour la fabrication de bois par après. (Fig. 7)

Essence	Qualité de la bille de pied (détermination de la qualité des bois : chapitre 15)			D
	Billon d'au moins 3 mètres de A	Billon d'au moins 3 mètres de B	C	
Chêne et hêtre	240-300	210-240	180-210	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 (présumé blanc)	180-200	150-180	150	
Érable sycomore	240	210	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 7 : Exemples de dimensions d'exploitabilité d'essences (en centimètres de circonférence) en fonction de la qualité des billes de pied. (Baar, 2010a)

- Marteler les arbres par pieds et non par groupes

Il est important de travailler à tous les étages du peuplement les arbres en tant qu'individu ou par petit groupe. Le but étant de créer, par l'éclaircissement parcimonieux du sol, un milieu propice pour la régénération naturelle, la faune et flore spécifique au milieu.

- La structure recherchée

François Baar (2010a) met en garde contre l'envie de se rapprocher des courbes de distribution théorique de la futaie jardinée. Il ne s'agit pas d'un objectif viable pour toutes les stations. Il est plus important de respecter les règles établies précédemment qui vont permettre d'avoir une structure irrégulière appropriée à la situation de départ et au contexte du peuplement.

- La fréquence de passage

De la même manière qu'en sylviculture équienne, on passe d'abord à moitié ou au quart de rotation au début de vie du peuplement dans le but de gérer la croissance rapide des perches et du petit bois. Il sera nécessaire de visiter les peuplements entre deux rotations pour assurer une bonne gestion du sous-étage.

- Les arbres à favoriser

Essences peu représentées, arbres d'intérêt biologique et arbres remarquables par leurs histoires, configurations, tailles ou raretés.

2.3.1 Adéquation avec la sylviculture d'arbre objectif

Le principe reste le même que dans le cadre de la futaie équienne : lors des passages en coupe on va désigner un certain nombre d'arbres sur lesquels on va prioritairement réaliser les soins culturaux dans le but de produire un arbre de qualité. Cependant contrairement à la futaie régulière, on ne va pas désigner l'ensemble des arbres objectifs lors d'un seul passage en rotation, mais distiller les désignations dans le temps dans le but de compenser les arbres objectifs récoltés. (Baar, 2010b)

2.4 EN BELGIQUE

2.4.1 En Wallonie

Le rapport de l'inventaire permanent des ressources forestières du DNF de 2015 met en évidence (Fig. 8) que pour la première période d'échantillonnage prenant fin en avril 2008 : seulement 3,6% des unités d'échantillonnage possédaient une structure qualifiée de futaie irrégulière au sens strict, soit 15.350 ha si rapportés à l'ensemble de la forêt Wallonne. Cela fait 6,1% des points d'échantillonnage feuillu et 0,7% des points d'échantillonnage résineux. Les résultats d'inventaires de 1984 montrent une superficie de seulement 1000 ha pour ce type de gestion. (Alderweireld, Burnay, Pitchugin, & Lecomte, 2015)

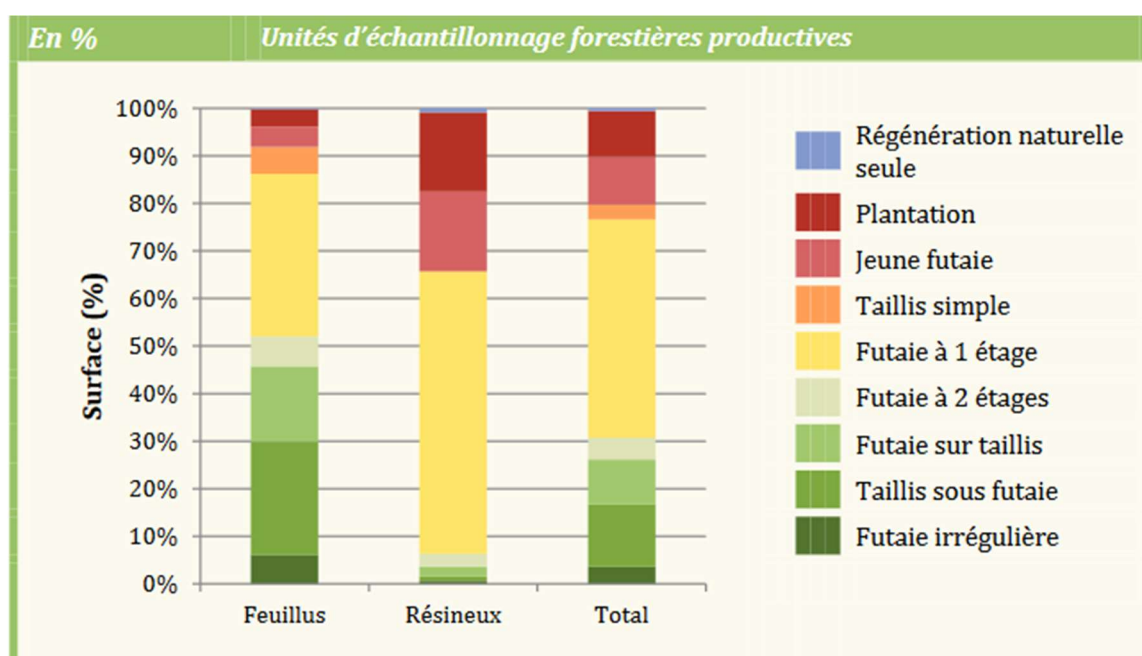


Figure 8 : Répartition de la surface forestière par type de structure selon le type de composition (Alderweireld, Burnay, Pitchugin, & Lecomte, 2015)

Également, dans la figure 9, les premiers résultats d'évolution entre le premier cycle d'inventaire et le second démontrent une tendance vers l'irrégularisation des peuplements, avec une évolution de 5% sur le territoire forestier réinventorié, passant de 3 à 8% en 7 ans.

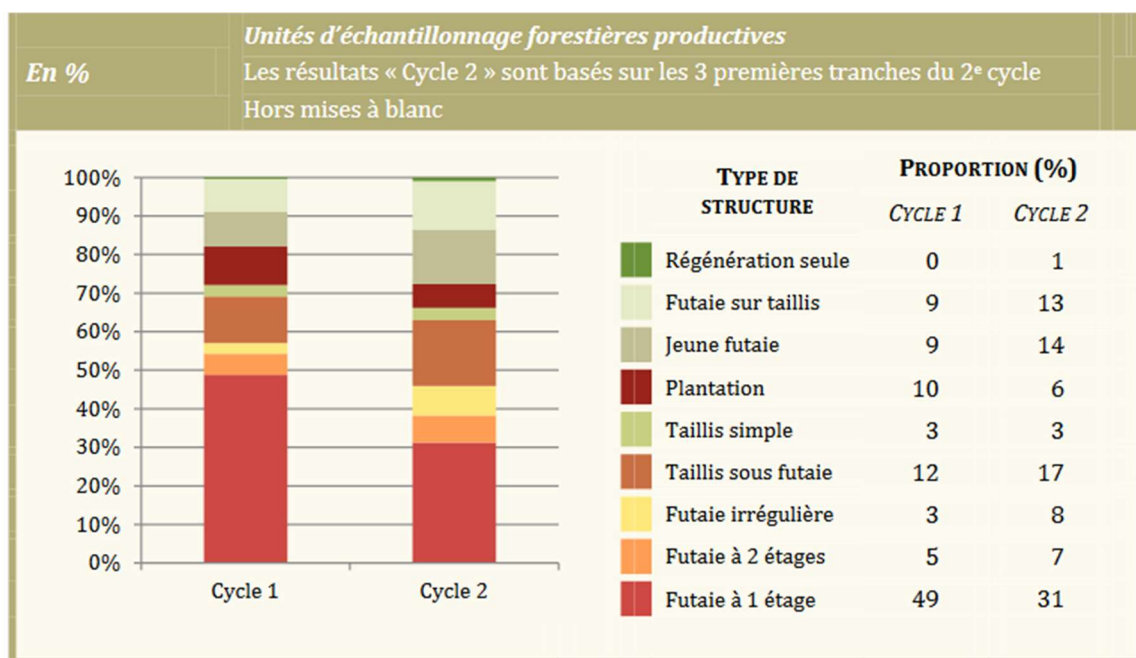


Figure 9 : Évolution de la répartition de la surface forestière par type de structure (Alderweireld, Burnay, Pitchugin, & Lecomte, 2015, p. 208)

2.4.2 En Région-Bruxelles-Capitale

Le plan de gestion de 2003 (Vanwijnsberghe, 2003) donnait comme objectif l'augmentation de 15 à 30 % de la part de futaie irrégulière, en essences ou en âges, sur l'ensemble de la Forêt de Soignes bruxelloise à son échéance en 2027.

Cependant, avant l'échéance de ce plan de gestion un nouveau a été rédigé pour prendre en compte de manière plus globale les problématiques liées au changement climatique et à l'érosion de la biodiversité. Ce nouveau plan de gestion a été accepté par le parlement bruxellois en avril 2019 (Vanwijnsberghe, et al., 2019).

Dans les grandes lignes, ce plan fixe un objectif d'au moins 20% (425 ha) de peuplement irrégulier à court terme (horizon 2033) et, dans un objectif de résilience face au changement climatique annoncé, amené cette proportion à 80% (1700 ha) de la surface du massif sur le long terme. En détail, on retrouve la volonté d'initier la transformation de 196 ha (12%) de futaie régulière de hêtre en hêtraie irrégulière (Type de gestion 2) et d'entamer la transformation de 13% (213 ha) de hêtraie en peuplements mélangés en essences indigènes (Type de gestion 3). En somme, l'objectif à terme du plan de gestion (année 2043) est donc d'amener le massif à minimum 25% de sa surface en futaie irrégulière (Vaes et al. 2019).

[Résultat de l'inventaire ne comprenant pas de typologie des structures, mais elle peut être appréciée point par point en la comparant aux définitions au point 2.1.1]

2.4.3 En Flandre

La Flandre avec ses 146 381 ha de forêt, soit un dixième du territoire régional (Office Économique Wallon du Bois, 2019), possède également un inventaire forestier, « de bosinventaris », qui évalue les superficies forestières régionales, provinciales, la proportion de propriétaires privé et public, les proportions de forêts résineuse, feuillue et mixte ainsi que les essences présentes. Mais cet inventaire ne présente pas de typologie de structure qui permettrait d'évaluer la proportion de futaies irrégulières.

Par ailleurs, lors d'échanges avec des ingénieurs d'Inverde, l'agence de formation sur la nature en Flandre, on m'a indiqué qu'il n'existait que très peu de sites présentant une structure irrégulière sur la Région flamande.

2.5 RECHERCHE ET DIFFUSION DE L'INFORMATION

La SICPN

La Sylviculture Irrégulière, Continue et Proche de la Nature est une forme de sylviculture visant à obtenir des peuplements irréguliers, au couvert continu (sans appliquer de coupe rase) et où l'on va privilégier les phénomènes naturels de manière à maintenir un écosystème forestier en bonne santé (régénération naturelle, l'attention portée à la santé du sol, le maintien des plantes adventices). (Castex, s.d.)

Pro Sylva

Il s'agit d'une fédération de forestiers professionnels au travers de 25 pays européens qui promeuvent des principes de la SICPN pour parvenir à une gestion plus durable des forêts. Elle vit le jour en 1989 en Slovaquie. (Pro Sylva, s.d.).

Elle est diffusée dans chaque pays grâce à des antennes nationales et régionales comme Pro Sylva Wallonie ou Pro Sylva France.

A.F.I.

L'Association Futaie Irrégulière a été créée en 1991 par des experts forestiers privés adhérents à Pro Sylva France dans l'objectif d'améliorer l'état des connaissances des peuplements irréguliers via l'établissement de peuplement-test. (de Turckheim, 2006)

3. LES MARTELOSCOPES

3.1 DÉFINITION

Un marteloscope est une placette forestière d'une surface déterminée ou chaque arbre, de plus de 45 cm de circonférence, est numéroté, localisé et décrit. Ces arbres peuvent être décrits de manière plus ou moins précise selon une large variété d'aspects que ce soit dendrométrique, sylvicultural, sanitaire, écologique, économique, etc.

L'ensemble des informations inventoriées vont servir de support à une réflexion autour d'objectifs de gestion bien définis. Concrètement, elles permettront de mettre en évidence les conséquences de la sélection des arbres par chaque participant lors d'un martelage fictif via une représentation graphique et cartographique. (Petit, Sanchez, & Bruciamacchie, 2014) (Soucy, Adégbidi, Spinelli, & Béland, 2016)

3.2 ÉTYMOLOGIE ET ORTHOGRAPHE

Le mot « Marteloscope » est un néologisme provenant de la contraction du mot français « Marteler », désignant l'action de choisir et marquer les arbres à couper, et du suffixe grec « -scope » signifiant « observer ». On retrouve également différentes orthographes tel que : « martéloscope » ou « martelloscope ». (Petit, Sanchez, & Bruciamacchie, 2014)

Le mot « martélodrome » a été le premier utilisé pour désigner ces dispositifs, mais est à éviter en raison du suffixe « -drome » signifiant « course » qui apporte une notion de rapidité (Petit, Sanchez, & Bruciamacchie, 2014).

Au moment de la rédaction, le terme marteloscope n'existe pas encore dans la plupart des encyclopédies agronomiques (Agrovocs de la fao.org ou termsscience.fr), le tableau 1 présente une liste non exhaustive de traduction de ce terme dans plusieurs langues européennes.

Langue	Orthographe
Français	Marteloscope, martéloscope <i>ou</i> martelloscope (Office National des Forêts, s.d.) (Parc Naturel Régional du Pilat, s.d.)
Néerlandais	Marteloscoop, Marteloscope <i>ou</i> Sylvascope (<i>pour éviter la proximité avec « martelen » signifiant « torturer »</i>). (den Ouden, 2016) (van Egmond & Schot, 2014)
Anglais	Marteloscope
Allemand	Marteloskop (Forst betrieb Region Aarau, s.d.) <i>ou</i> Marteloskope (European Forest Institute, s.d.)
Espagnol	Marteloscope, aula forestal <i>ou</i> aula de señalamiento (Universidad de Valladolid, s.d.)
Italien	Martelloscopio (Giada, 2016).

Tableau 1 : Traduction dans plusieurs langues européennes du terme "marteloscope"

3.3 ORIGINE

Selon Petit, Sanchez & Bruciamacchie (2014), l'origine du marteloscope remonte à 1992 lors d'une réunion Pro Sylva France dirigée par Alain Chavanne, expert forestier membre du groupe Pro Sylva France, au cours de laquelle plusieurs arbres ont été numérotés et les participants invités à noter les arbres qu'ils souhaitaient prélever, pour ensuite analyser leur motivation et ainsi nourrir une discussion. Cette logique a ensuite été poursuivie par Brice de Turckheim, expert forestier, qui installa le premier vrai marteloscope en 1994 sur sa propriété avec l'aide d'étudiants.

Cet outil fut ensuite popularisé par un grand nombre d'acteurs de la gestion forestière en France puis en Europe via les Asbl Pro Sylva. Le premier support informatique de visualisation fut créé sur Microsoft Excel par Max Bruciamacchie, expert forestier ENGREF, et permettait de cartographier la placette et la sélection effectuée, ainsi que calculer les données dendrométriques associées.

(Petit, Sanchez, & Bruciamacchie, 2014) (Bruciamacchie, Marteloscopes as learning and teaching tools for managing forests sustainably, 2018)

3.4 FONCTIONNEMENT

3.4.1 Principe

Le but d'un marteloscope est de fournir un support pour l'apprentissage de techniques de gestion particulières.

Les participants vont indiquer le numéro des arbres prélevés sur support papier ou électronique de manière à pouvoir les transmettre au formateur. Qui pourra ensuite calculer, sur le terrain ou en différé, les prélèvements en nombre de tiges (N_i), surface terrière (G_{ha}), volume à l'hectare (V_{ha}), et les comparer aux objectifs de prélèvement pour le type de gestion rapporté à la parcelle concernée par le marteloscope.

3.4.2 Lieu d'installation

On peut installer un marteloscope où on le souhaite, mais il est évidemment plus qualitatif si la parcelle choisie est représentative de l'état des peuplements sur lesquels la gestion est appliquée, mais également si elle présente une variabilité de situation intéressante à étudier au sein de la placette. Le but étant évidemment de pouvoir appliquer les connaissances acquises lors d'exercice au peuplement visé.

D'un point de vue pratique, le site d'installation devrait être peu accidenté et proche de la voirie.

3.4.3 Superficie

Dans le cas de la futaie régulière, les tailles présentées dans la littérature sont le plus souvent de l'ordre du demi-hectare et parfois jusqu'à l'hectare, qui s'explique par l'homogénéité du peuplement qui nécessitera une moins grande surface pour révéler une bonne diversité de situation. (Hammer Project, s.d.) (CDAF-IBGE, 2007)

Pour la futaie irrégulière, la plupart des modes opératoires préconisent un minimum de un hectare (Soucy, 2014). La limite haute étant déterminée par le type d'exercice et la durée que l'on souhaite lui consacrer. (Bruciamacchie, s.d.)

3.4.4 Utilisation dans le temps

Premièrement, l'utilité d'un marteloscope repose essentiellement sur sa situation de "parcelle avant martelage" qui doit être représentative des peuplements pour lequel on l'a installé. Si le peuplement dans lequel se trouve le marteloscope fait l'objet d'une coupe, ce qui aura pour effet d'abaisser son capital sur pieds, il ne sera plus

représentatif de cette situation de prémartelage. Bruciamacchie (s.d.) mentionne une durée d'inutilité du marteloscope d'une à deux années après une coupe.

C'est pour cette raison qu'il peut être judicieux d'investir dans l'installation d'un second marteloscope, pour le même type de gestion, dans une coupe ayant une période de rotation décalée de manière à pouvoir régulièrement réaliser des exercices de martelage pour cet exercice, s'il en est nécessaire.

Secondement, un marteloscope, s'il est régulièrement utilisé, est un dispositif qui peut et doit être mis à jour au fur et à mesure des coupes et de la croissance du sous-étage dans l'objectif de pérenniser son utilisation.

3.5 DONNÉES

Ci-dessous, les informations principales et régulièrement récoltées lors de création de marteloscope ainsi que leur utilisation.

3.5.1 Données de base

Il s'agit des informations essentielles à l'installation d'un marteloscope.

Mentionné par Bruciamacchie (s.d.), IBGE-CDAF (2007), Schuck, Krumm, & Kraus (2015) et Hammer Project (2014) sauf indication contraire.

Le numéro de l'arbre :

Permet d'identifier précisément les arbres.

L'essence

Pour connaître la répartition des essences au sein du dispositif ou la proportion de feuillus et résineux.

Le diamètre à 1,3m (D130) ou la circonférence à 1,5m (C150)

Mesurer à 1,3 ou 1,5 mètre par classe de 1 cm.

Permet de représenter les proportions de grosseurs d'arbre au sein du site. Ainsi qu'à calculer la surface terrière et le volume.

Localisation des arbres

Permet de visualiser la répartition des arbres et apprécier leur influence entre eux ainsi que la compétition pour la lumière.

La hauteur totale de l'arbre

Permet le calcul du volume. Éventuellement d'apprécier l'élancement de l'arbre.

La description du site

Les paramètres climatiques, la géologie, la pédologie, le milieu phyto-sociologique, la composition de la strate arborée, le gestionnaire et le propriétaire ainsi que la localisation. (Bruciamacchie, s.d.) (Schuck, Krumm, & Kraus, 2015)

3.5.2 Données secondaires

Qualité marchande

Comme vu précédemment, la qualité marchande d'un arbre est un facteur de décision pour la récolte d'un arbre mature de qualité ou la récolte d'arbre de qualité moindre pour en favoriser une meilleure. Mais également s'assurer que l'opérateur ne réalise pas de sacrifice d'exploitation. Cela permet de calculer la valeur économique de l'arbre. (Bruciamacchie, s.d.) (Schuck, Krumm, & Kraus, 2015) (HAMMER Project, 2014)

Micro-habitats ou valeur écologique

Appréciation de l'importance écologique de cet arbre au sein du peuplement au niveau des particularités formant des microdendrohabitats pouvant accueillir une flore et faune caractéristiques. On retrouve dans cette catégorie les arbres morts ou comportant des éléments morts sans contact direct avec le sol, les cavités et blessures, les essences rares et peu représentées [...]. (Bruciamacchie, s.d.) (HAMMER Project, 2014) (Schuck, Krumm, & Kraus, 2015)

Défaut majeur

Les défauts majeurs qui entachent la qualité de l'arbre ou compromettent son futur au sein du peuplement. (CDAF-IBGE, 2007)

La présence de bois mort

Renseigne sur l'importance écologique du peuplement. (Schuck, Krumm, & Kraus, Integrate+ Martelosopes -Description of parameters and assessment procedures. Integrate+ Technical Paper, 2015)

L'accroissement

Renseigne sur l'évolution du peuplement dans le futur pour mesurer l'effort de martelage à fournir. (Schuck, Krumm, & Kraus, Integrate+ Martelosopes -Description of parameters and assessment procedures. Integrate+ Technical Paper, 2015)

Le régime de lumière

Permet d'apprécier l'état de l'ensoleillement de la placette pour la régénération et la flore. (Schuck, Krumm, & Kraus, 2015)

La description de la régénération

La répartition et la qualité de la régénération. Dans le cadre d'intervention pour mettre en avant le semis naturel. (Schuck, Krumm, & Kraus, 2015)

Évaluation de la stabilité des arbres

Permet d'estimer l'effet d'un martelage fictif sur la stabilité du peuplement (Schuck, Krumm, & Kraus, 2015)

3.6 VISUALISATION DES EXERCICES DE MARTELAGE

De nombreux projets et associations se sont tentés à la réalisation de dispositif permettant de mieux représenter les résultats d'exercices de martelage pour pouvoir dispenser des commentaires les plus complets possibles.

Smartelo est une application Open-Access fonctionnant via Microsoft Excel et Visual Basics for Application, elle est, en partie, basée sur le programme de visualisation de Max Bruciamachie (Petit, Sanchez, & Bruciamacchie, 2014). Elle permet de représenter un marteloscope ainsi que les exercices de martelage réalisés sur celui-ci. Elle est disponible sous deux versions : sur des appareils Windows et la seconde sur Android. Malheureusement, elles sont, à ce jour introuvable en téléchargement sur internet.

Le projet Hammer ou « Hammer Project » est un projet international européen de recherche et d'enseignement qui s'est déroulé de septembre 2014 à août 2016. Le support visuel qu'il proposait était disponible via leur plateforme web, mais hélas n'est plus disponible depuis la fin du projet. Elle proposait notamment de visualiser la sélection au travers de photo panoramique indiquant les arbres conservés ou martelés. (Jego, et al., 2017)

Silva Numerica est un projet d'enseignement français, souhaitant mettre en place un simulateur en réalité virtuelle, permettant de visualiser la sélection des arbres sur une placette en trois dimensions, mais également l'évolution du peuplement dans le temps. (Silva Numerica, 2020)

Le projet Integrate+ est détaillé au point 4.4.

3.7 TOUT PUBLIC

À l'origine, les marteloscopes sont prévus pour former et assister les forestiers dans leur réflexion autour de nouveaux modes de gestion. Cependant, ils peuvent également servir de support pédagogique pour le grand public, les décideurs politiques, etc. pour découvrir et apprendre le métier de gestionnaire forestier et être sensibilisé aux problématiques qui l'entourent. Cependant, étant un outil technique, un public néophyte peut rencontrer des difficultés dans son utilisation. Gineste (2010)

3.8 AUTRES OUTILS DE RÉFLEXION

Dans le même mouvement de site visant à l'entraînement et la formation en sylviculture on peut nommer deux compagnons du marteloscope : le « terriéroscope » et le « travailloscope ».

Selon Cordonnier, Tran-Ha, Piat & François (2007), un terriéroscope est un dispositif constitué d'une parcelle où l'inventaire des diamètres ou circonférences a été préalablement réalisé pour en calculer les surfaces terrières individuelles et ce de manière à permettre au sylviculteur de se tester et de contrôler leurs résultats entre eux lors de tour relascopique dans le but d'étalonner leurs mesures. L'évaluation des catégories de bois (PB, MB, GB et TGB) peut également être testée sur ces dispositifs (La forêt irrégulière école, 2019).

Un travailloscope est « *un dispositif permettant d'évaluer la nature et la quantité de travaux en gestion en futaie irrégulière* » (Forêt et bois : bilan et approche prospective, 2019).

4. INSTALLATION DES MARTELOSCOPES

4.1 LA FORÊT DE SOIGNES

La Forêt de Soignes est un massif de près de 4400 ha, à cheval sur les trois régions du pays (Fig. 10). Elle doit son nom de forêt périurbaine à la proximité directe avec la ville de Bruxelles dont le centre ne se trouve qu'à quelques kilomètres des entrées de la forêt. L'aménagement du territoire et la gestion de la nature étant une compétence régionale depuis 1983, la partie bruxelloise du massif est gérée depuis 1994 par l'Institut Bruxellois de Gestion de l'Environnement (IBGE), appelé dorénavant Bruxelles-Environnement (BE).

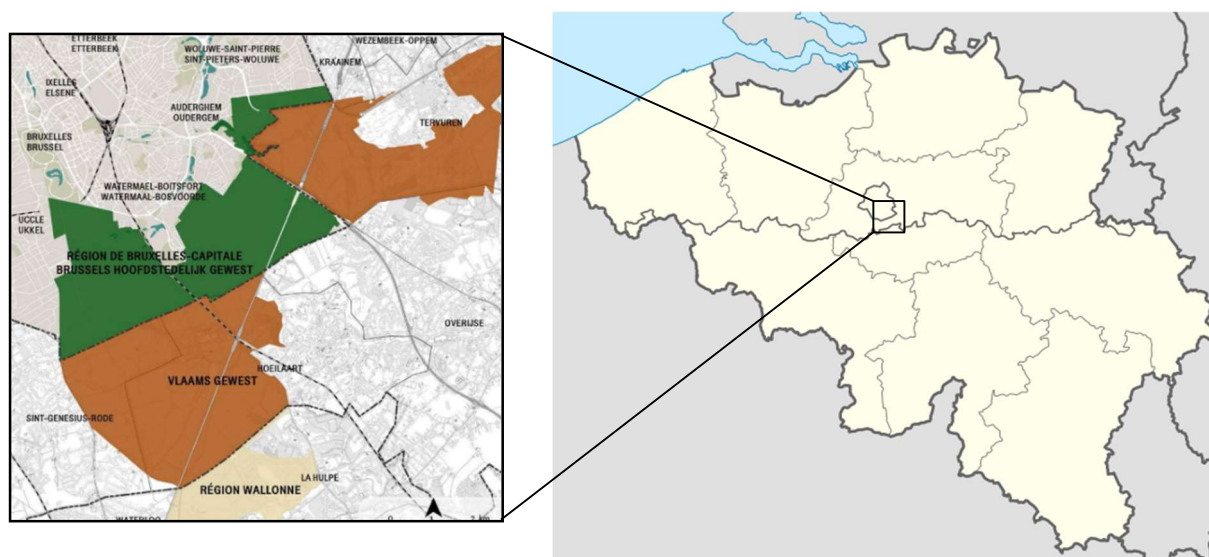


Figure 10 : Localisation de la Forêt de Soignes en Belgique (partie bruxelloise en vert à gauche) (gauche) (Vanwijnsberghe, et al., 2019) (droite) © by Stefan Helders via Wikipedia

4.1.1 Marteloscoptes « hêtraie cathédrale »

En 2007, le département forestier de Bruxelles-Environnement en convention avec le Centre de Développement Agro-Forestier de Chimay (CDAF) a mis en place 3 marteloscoptes sur des placettes de jeune futaie régulière de hêtre. L'objectif de cette installation était d'établir une norme pour la futaie régulière de hêtre, dite « hêtraie cathédrale », dans un but de gestion sylvicole, mais également pour assurer le maintien de cette structure rare et avec un aspect esthétique très important.

Certains peuplements sont désormais classés au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 2017 (UNESCO, s.d.). (CDAF-IBGE, 2007)

La figure 11 indique la localisation de ces trois marteloscoptes.

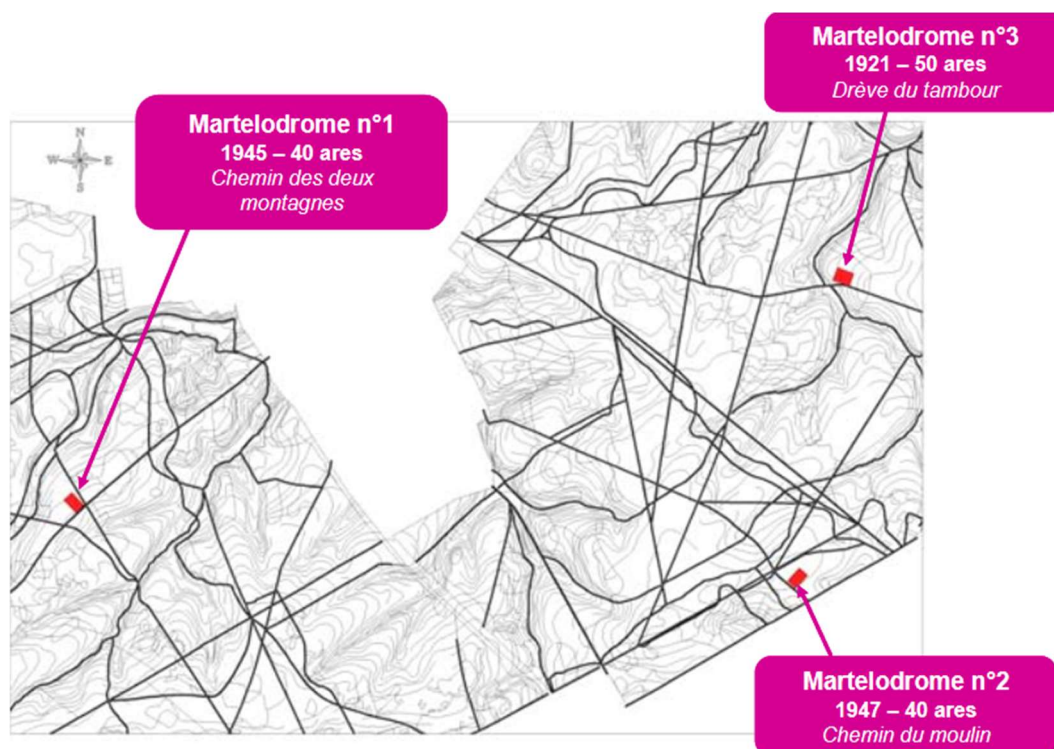


Figure 11 : Carte de localisation des martelosopes « hêtraie cathédrale », ici appelés martelodrome. (CDAF-IBGE, 2007)

4.2 LE PLAN DE GESTION DE 2019

Les objectifs de ce nouveau plan de gestion sont les suivants :

- La gestion durable du massif dans l'objectif de le léguer dans le meilleur état aux générations futures ;
- Préparer et adapter la forêt aux changements climatiques en cours et à venir ;
- Protéger la faune, la flore et les habitats qui les abritent, et améliorer leur état en accord avec la politique communautaire Natura 2000 ;
- Collaborer au niveau interrégional pour la gestion du massif pour mieux le protéger tout en réservant un bon accueil au public.

(Vaes, Reinbold, Engelbeen, Van Der Wijden, & Vanwijnsberghe, 2019)

Via ces nouveaux objectifs on retrouve, l'augmentation de l'objectif futaie irrégulière pour satisfaire à la volonté de rendre le massif plus résilient aux modifications climatiques.

4.3 MARTELOSCOPES « FUTAIE IRRÉGULIÈRE »

4.3.1 Contexte d'installation

L'installation de ces deux nouveaux marteloscopes fait directement suite à l'approbation et la mise en application du nouveau plan de gestion du massif bruxellois de la Forêt de Soignes. Celui-ci, comme précédemment mentionné, voit sa surface en futaie irrégulière augmentée considérablement. C'est pour mener au mieux la gestion et la transformation de ces peuplements que le département forestier de Bruxelles Environnement a souhaité mettre en place ces dispositifs ainsi que réaliser le plus régulièrement possible des exercices de martelages visant à habituer les agents forestiers à ce type de gestion innovatrice pour la Forêt de Soignes.

L'objectif de ces marteloscope n'est donc pas de maintenir un état irrégulier, mais bien d'enclencher la transformation de ces peuplements surcapitalisés en appliquant les règles de martelage qui sont propres à ce type de gestion.

4.3.2 Méthodologie

Tout d'abord la mise en place de ces marteloscopes s'est basée sur le document « Marteloscope, Notice Explicative » (Bruciamacchie, s.d.) issu de la convention « CooRenSy » (la Coopération pour un Renouveau Sylvicole), un projet Interreg entre la Wallonie, le Luxembourg, la France, l'AFI et Pro Sylva (Forêt Nature, s.d.).

Ce document détaille l'installation d'un marteloscope en futaie irrégulière d'une surface minimum d'un à deux hectares en recueillant les informations relatives à l'essence, le diamètre à 1,30 mètre de hauteur (adapté à 1,5 m), la qualité de l'arbre par billon, des observations diverses de défaut et particularité et la valeur écologique selon un code propre au document. (Annexe 1)

Pour localiser les arbres de manière précise, il n'a pas été possible d'utiliser un GPS. En effet le couvert supérieur et latéral étant trop important en forêt la précision n'aurait pas été suffisante pour distinguer deux arbres proches.

C'est pourquoi nous avons suivi le protocole de CooRenSy, avec l'installation d'un maillage de 20 à 25 mètres de côtés (Fig. 12). Afin de repérer chacun des arbres précédemment numérotés avec son azimuth et sa distance par rapport au jalon le plus proche, également nommé selon sa ligne et sa colonne. Il a été décidé de limiter la taille des martelosopes à un hectare pour limite le temps passé en exercice.

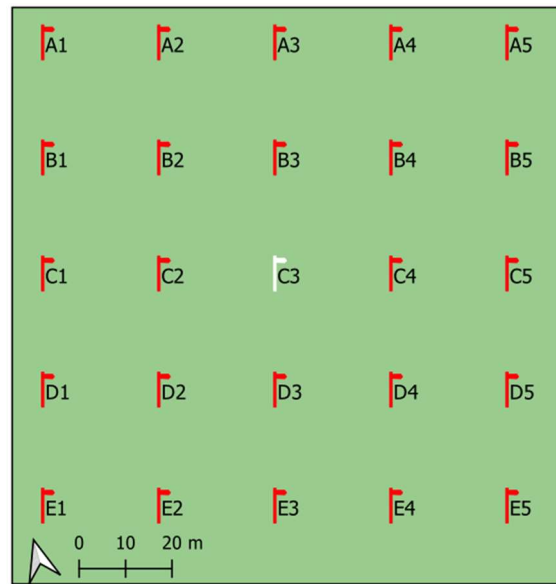


Figure 12 : Localisation et numérotation des jalons du marteloscope du Tambour.

Par après, la transposition des arbres dans un fichier Shapefile s'est fait via deux scripts python sur Qgis. Le premier générant un maillage possédant les mêmes propriétés que celui sur le terrain (distance entre jalons, azimuth du maillage, numérotation des jalons...) et le second transposant chacun des arbres selon sa position par rapport au jalon le plus proche via un classeur Excel importé dans le programme QGis. Ces deux scripts se trouvent dans les annexes 2 et 3.

Étude de la régénération

Pour mieux cerner la nature et l'état de la régénération au sein du marteloscope du Tambour un inventaire par placette a été effectué. Cet inventaire prenait en compte : la présence, l'origine (naturel ou artificiel), le recouvrement par classe du semis sur la placette (sans prise en compte des obstacles comme les souches, arbres et le bois mort), les essences présentes, la hauteur maximum de l'essence principale, quelques mesures de la longueur des tiges apicales de l'essence principale et la densité du semis au centre de la placette.

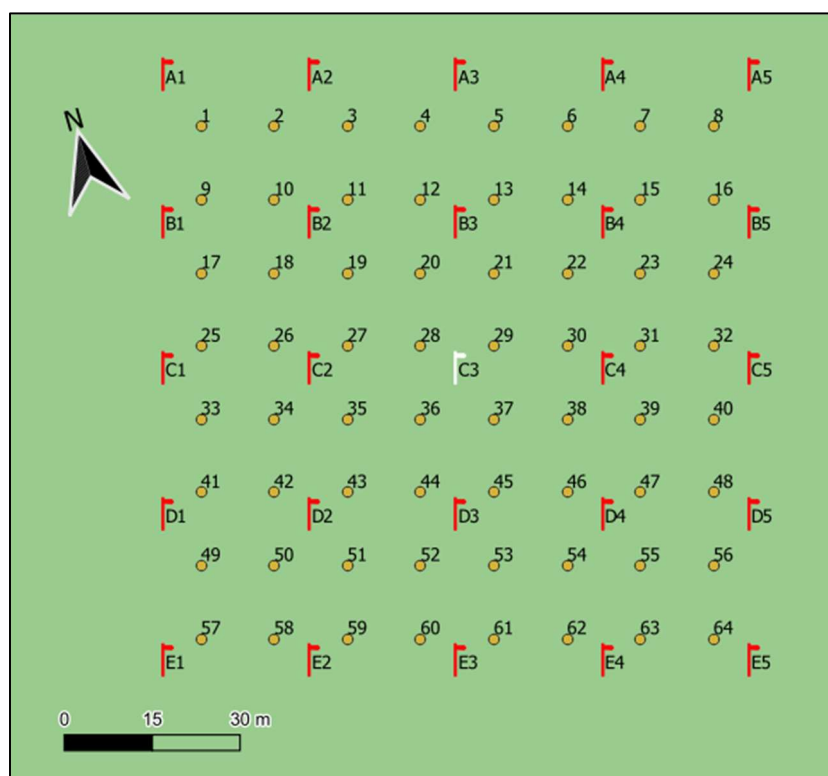


Figure 13 : Maillage des points d'inventaire sur la régénération du marteloscope n°4 par rapport au jalon de repérage.

Le maillage d'échantillonnage (Fig. 13) était de dix mètres sur dix orienté dans le sens du marteloscope. Le recouvrement de chaque point par la régénération était apprécié sur un rayon de cinq mètres autour du centre. La hauteur maximale et les mesures de longueur apicale étaient récoltées sur un rayon de trois mètres autour du centre de placette et la densité mesurée sur un mètre de rayon.

Inventaire des gros bois morts

Dans le but d'obtenir des écosystèmes stables et diversifiés, le plan de gestion met en avant l'importance de conserver du bois mort, sur pied et au sol, pour l'ensemble des stations de la Forêt de Soignes. Dans cette optique, le sylviculteur, par son martelage, peut influencer sur l'état et la quantité de bois mort, par exemple : en conservant sur pied des bois dépérissants ou en conservant un couvert au-dessus de bois mort au sol.

Pour amener ce paramètre dans la réflexion autour de la sélection dans le marteloscope, un inventaire des bois morts au sol a été effectué, qui s'ajoutera aux données de bois mort sur pied. Cet inventaire prenait en compte : l'orientation (en azimuth) du bois au sol, sa longueur et son diamètre à mi-longueur.

4.3.3 Marteloscope « du Tambour »

Ce quatrième marteloscope se situe au croisement au carrefour de la drève du Tambour-Loup, des Mésanges et Blankendelle (Fig. 14), au sein de la deuxième brigade de département forestier de Bruxelles. (Voir annexe 4)

Ce marteloscope est voué à la formation sur le type de gestion n°2 « Hêtraie irrégulière ». L'objectif est d'irrégulariser de vieux peuplements de hêtre de hêtraie acidophile atlantique (Habitat 9120) pour obtenir une futaie

irrégulière à base de hêtre présentant quelques bouquets de chêne sessile là où les introductions furent possibles.

Cet habitat, le *Quercion robori-petraea* ou *Ilici-Fagenion*, est l'habitat d'intérêt communautaire le plus répandu en Forêt de Soignes, recouvrant près de 70% de sa superficie. Il s'agit principalement de hêtraie-chênaie sur sol sableux à sablo-limoneux avec dans la strate herbacée : du Myrtilleur (*Vaccinium myrtillus*), du Chèvrefeuille des bois (*Lonicera periclymenum*), de la Fougère-aigle (*Pteridium aquilinum*) et de la Luzule des bois (*Luzula sylvatica*). Les faiblesses les plus couramment rencontrées dans ces habitats sont la faible diversité de la strate herbacée et la trop grande homogénéité dans ses structures verticale et horizontale.

(Vaes, Reinbold, Engelbeen, Van Der Wijden, & Vanwijnsberghe, 2019)

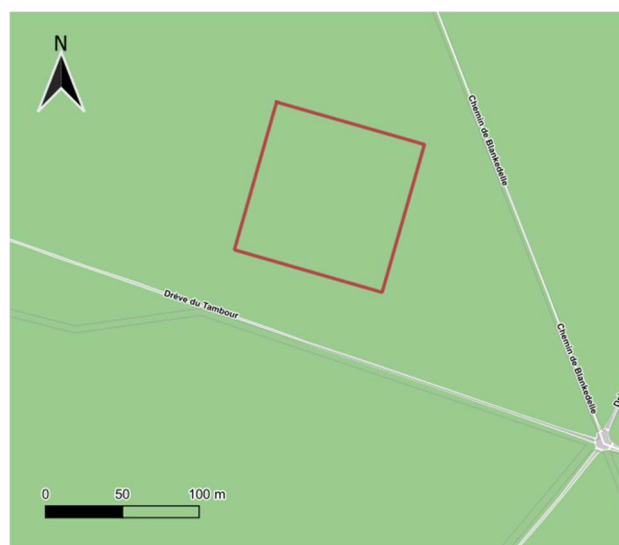


Figure 14 : Localisation et emprise du marteloscope n°4 (Urbis, s.d.)

Donnée d'installation

Le maillage de localisation a été installé de manière perpendiculaire par rapport à la voirie de la drève du Tambour faisant que le site est orienté non pas parfaitement vers le nord, mais à 16° d'azimut. Étant donné la faible densité des tiges, l'espacement choisi entre chaque jalon était de 25 mètres.

Pour éviter d'attirer l'œil du public sur le site et d'inciter les personnes à quitter les sentiers, il a été décidé d'expérimenter avec une numérotation discrète réalisée avec une griffe forestière (Fig. 15).



Figure 15 : Numérotation de l'arbre n°17 du marteloscope n°4 (©Matteo Marcandella)

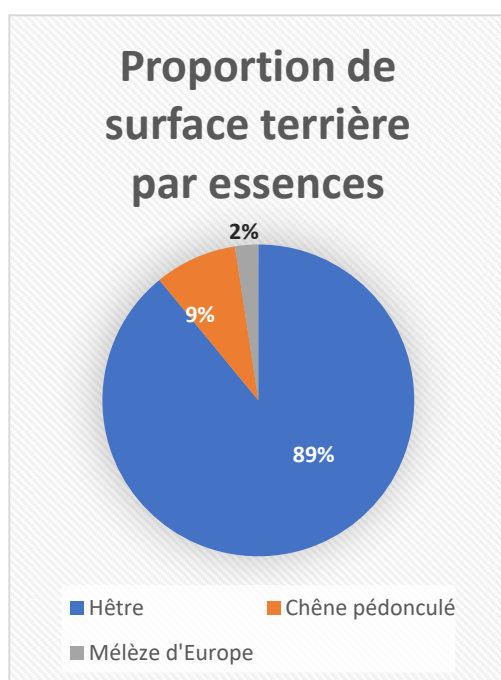


Figure 16 : Proportion de surface terrière par essence dans le marteloscope n°4

Données dendrométriques

L'inventaire du site a permis de déterminer une surface terrière de 30 m²/ha pour 137 arbres (tableau 2). La figure 16 montre que la majorité de la surface terrière est représentée par le hêtre. Le chêne pédonculé (*Quercus robur*) et le mélèze (*Larix decidua*) représentant un peu plus d'un dixième de cette valeur.

La figure 17 nous permet d'observer une grande variété de stades de circonférence, néanmoins, lors de l'installation, on remarquait un manque en PB de qualité. Par ailleurs, comme beaucoup de peuplement anciennement géré en hêtraie cathédrale on observe une forte capitalisation.

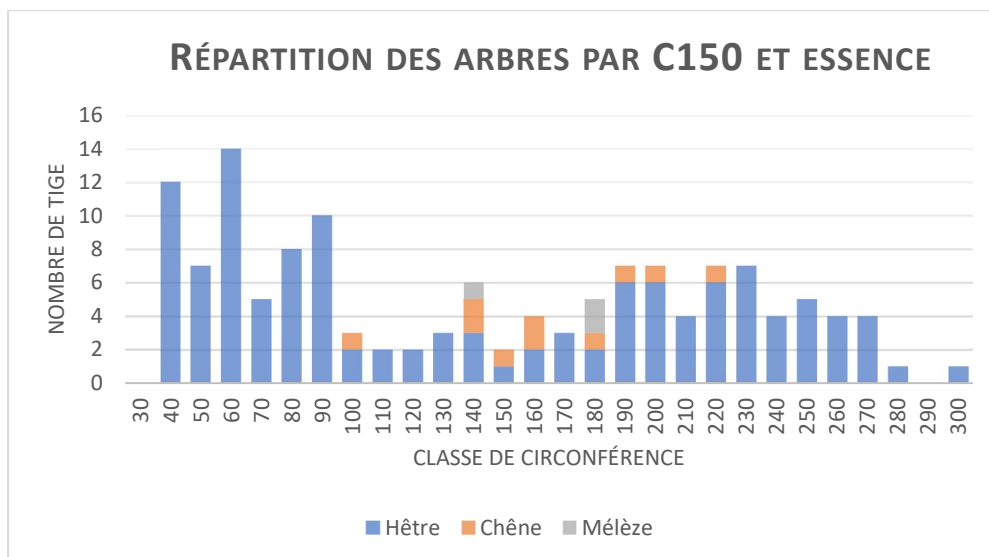


Figure 17 : Répartition des arbres par classe de circonférence pour le Marteloscope n°4

En comparant la répartition présente en figure 17 avec les définitions de structure en page 3, on observe une situation très éloignée d'une situation typiquement jardinée et se rapprochant plus de la définition d'irrégularité bien que l'on retrouve une grande présence de GB et TGB, symptôme d'une futaie équienne en fin de révolution présentant une forte capitalisation. Également, on observe très bien l'absence d'une quantité suffisante de PB et BM pour assurer la relève.

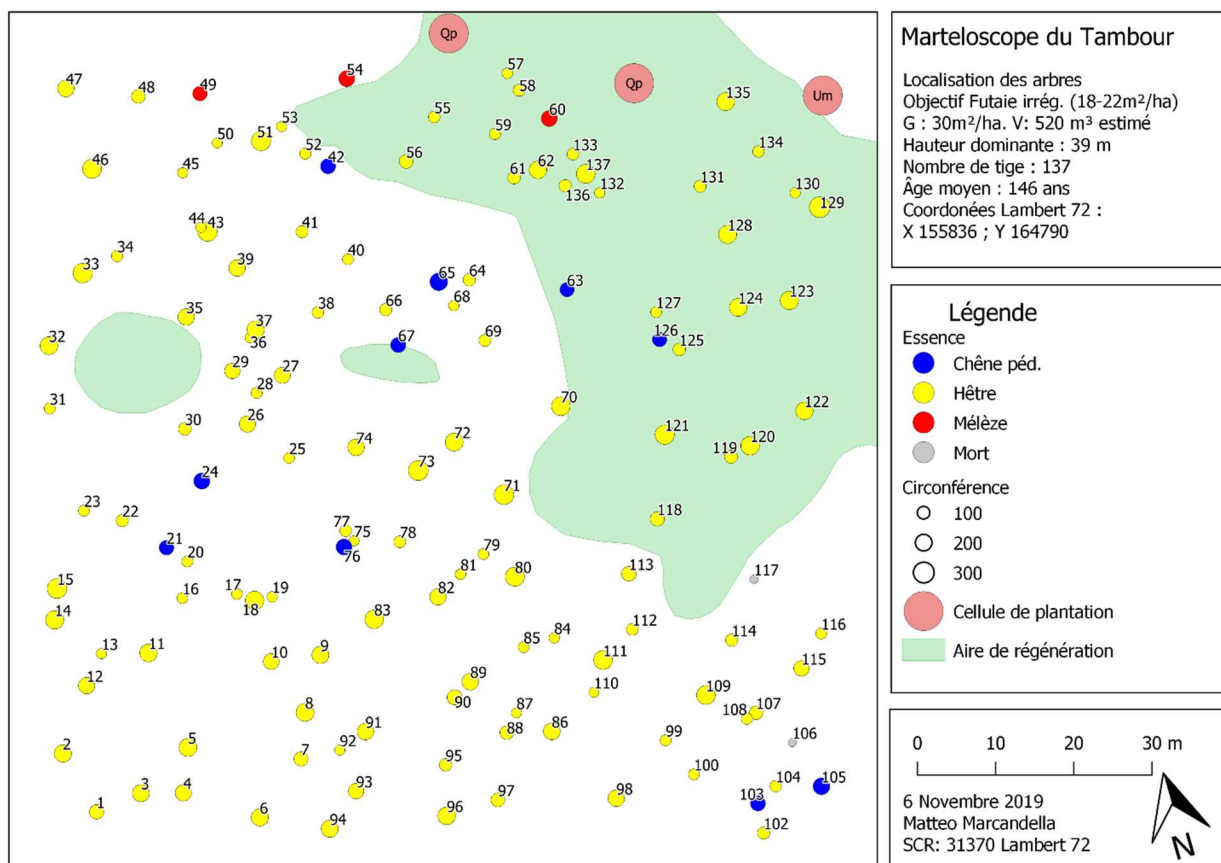


Figure 18 : Répartition des arbres dans le M4 avec appréciation de l'essence et grosseur des points proportionnelle à la surface terrière.

Bois morts

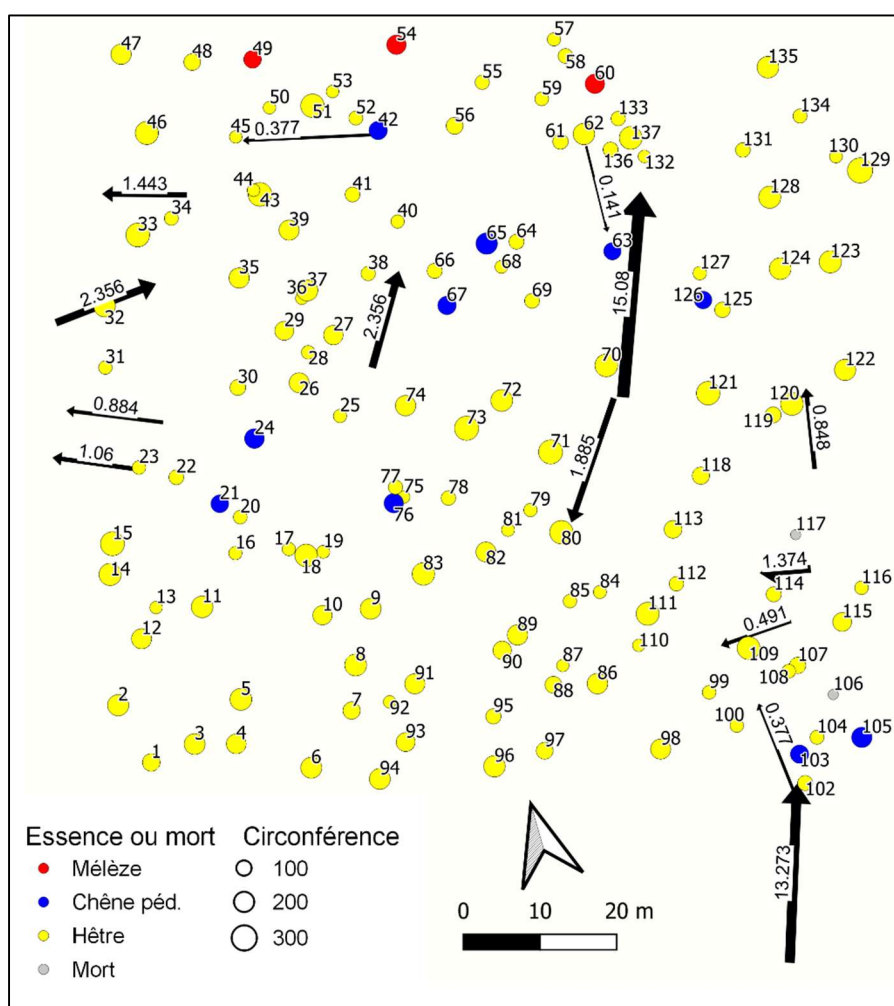


Figure 19 : Répartition des arbres morts au sol sur le marteloscope n°4.
(Largeur de la flèche deux fois plus grande que le diamètre réel. Volume approché au cylindre au-dessus de la flèche.)

Au total, le volume de bois mort sur le site est de 43,42 m³ dont 41,94 m³ au sol et 1,48 m³ sur pied (n°106 et 117). La figure 19 nous permet d'observer une absence de bois mort dans la partie sud-ouest et nord-est du site. Par ailleurs, la majorité des bois au sol sont orientés vers le nord-nord-est ou l'ouest.

Ce volume au sol s'élève donc à 9,27% du volume total à l'hectare, rencontrant l'objectif de conservation pour cet habitat, comme décrit dans l'arrêté de conservation du site. (Vaes, Reinbold, Engelbeen, Van Der Wijden, & Vanwijnsberghe, 2019)

Régénération

Tout d'abord, les résultats de l'inventaire, présentés en figure 20, nous permettent d'observer que sur les 64 points d'échantillonnage du marteloscope, 52 possédaient des indices de régénération qu'elle soit artificielle ou naturelle. Cette régénération était en grande majorité occupée par le hêtre qui était présent sur 50 de ces placettes et était l'essence principale sur 48 d'entre elles. La régénération artificielle n'était présente que sur 2 points d'échantillonnage, deux cellules de plantation, l'une de chêne pédonculé et l'autre d'orme champêtre (*Ulmus minor*). Toutes deux montraient des signes d'abroussissement prononcés ou des signes de dépérissement.

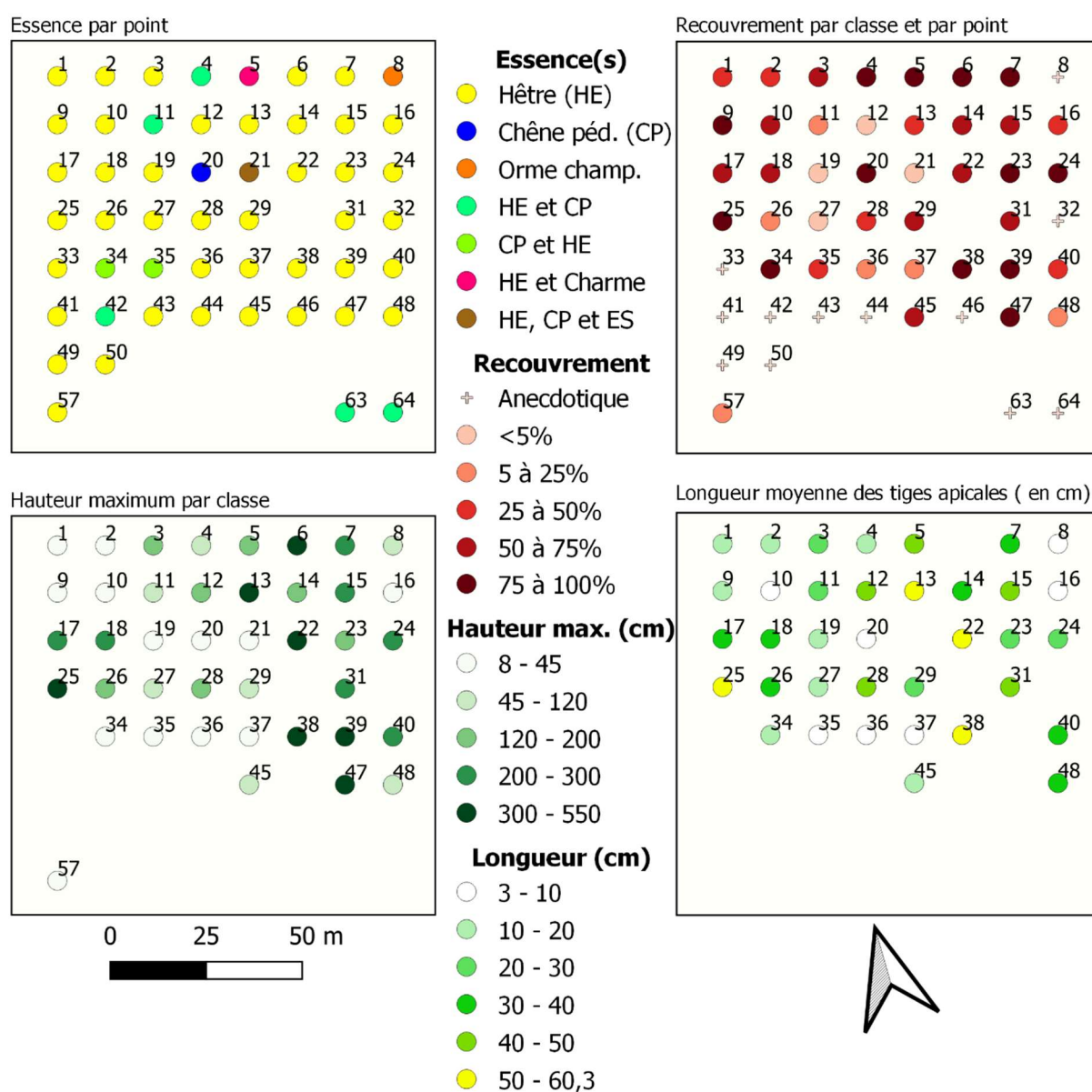


Figure 20 : Essences, recouvrement, hauteurs et qualités de la régénération sur le marteloscope du Tambour au 7 septembre 2020. À observer selon les points d'échantillonnage en figure 13. (ES : érable sycomore)

Ensuite, on observe que la partie sud du dispositif est exempte de régénération, ou seulement avec un recouvrement anecdotique. On peut expliquer cette observation avec l'absence de bois mort, que ça soit sur pied ou au sol, dans la figure 19, qui suggère l'absence de mortalité et donc d'ouverture de la canopée qui aurait permis à la lumière d'atteindre le sol.

Par ailleurs, on remarque que les points présentant les plus grandes hauteurs de semis ainsi que ceux présentant des croissances optimums (reflétées par les longueurs des tiges apicales) se situent en majorité dans un arc de cercle au nord-est du site et dans deux taches au centre et à l'ouest.

Cependant, quatre points (en jaune sur la quatrième carte) présentaient une croissance apicale excessive, symptôme d'un trop grand apport en lumière. Il se peut que les points présentant les plus grandes hauteurs et dont les longueurs apicales n'ont pu être mesurées, soit également dans ce cas (n°6, 39 et 47).

On remarque, malheureusement, que lors de l'inventaire (en annexe 6), un des points comportait plusieurs individus de Cerisier tardif (*Prunus serotina*), espèce exotique envahissante.

Étant donné le manque en diversité spécifique dans le semis acquis, des interventions consciencieuses sur la lumière devront être réalisées. Il peut être intéressant de lier ces interventions avec la mise en place de protection gibier ou d'enclos-exclos pour favoriser le développement des espèces appétantes comme le chêne.

Tableau de synthèse

Nombre d'arbres	137
Surface terrière (m ²)	30
Circonférence moyenne (cm)	147
Surface terrière moyenne (m ²)	0,22
Circonférence de l'arbre de G moyen (cm)	166
Nombre d'essence présente	3
<i>Hdom (m)</i>	34,27
Surface terrière objectif (m ²)	18-22
Surplus (m ²)	8-12
<i>Volume (m³)</i>	424,9
<i>Volume moyen (m³)</i>	3,10
Proportion de classe de bois (PB, MB et GB en %)	4 / 8 / 88

Tableau 2 : Récapitulatif des données dendrométriques du marteloscope n°4

Comme mentionné précédemment, la placette est recouverte en majorité par le hêtre (issu d'une plantation de 1873). Les mélèzes se situent tous les trois au nord du dispositif proche d'un alignement de cellules de plantation. Les chênes pédonculés sont rassemblés par groupe de trois ou quatre au centre ou au sud-est du site, eux plantés en 1815.

Dans le but de pérenniser l'installation et de pouvoir actualiser les données du marteloscope, le jalon central « C3 » a été matérialisé par une borne métallique surmontée d'un morceau de bois (Fig. 18) dans le but de recréer un quadrillage ou simplement repérer, depuis celui-ci, les arbres à ajouter sur le plan du marteloscope.

Les qualités technologiques des arbres sur pieds ont été établies en suivant le « Carnet d'assistance pour l'évaluation des bois sur pieds et abattus » de Forêt-Wallone. (Brunin, Heyninck, & Arnal, 2012)



Figure 21 : Borne du marteloscope n°4 (©Matteo Marcandella)

Les données d'inventaire du marteloscope n°4 se trouvent en annexe 7.

4.3.4 Marteloscope « du Caporal »

Le marteloscope n°5 se situe en première brigade, il est facilement atteignable depuis la drève du Caporal au nord-ouest, comme nous pouvons le voir dans la figure 22. Il est voué à former et entraîner les agents pour le type de gestion n°4 « Forêt alluviale et chênaie mélangée ».

L'objectif principal est l'amélioration des habitats Natura 2000 présents : 91E0 (Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior*), 9130 (hêtraies de l'*Asperulo-Fagetum*), 9160 (chênaies



Figure 22 : Localisation et emprise du marteloscope n°5

pédunculées ou chênaies-charmaies subatlantiques et médio-européennes du *Carpinion-betuli*) ainsi que les zones de transition des deux précédentes.

Sur le site, c'est l'habitat 9160 ou *Carpinion-betuli* qui est représenté. Au sein du massif bruxellois, cet habitat n'est présent que sur 8,7% de la superficie et principalement au sein du triage de Boendael, mais également sur les triages du Rouge-cloître et des Trois-Fontaine. (Vaes, Reinbold, Engelbeen, Van Der Wijden, & Vanwijnsberghe, 2019)

La strate arborée est le plus généralement composée du chêne pédonculé (*Quercus robur*) mélangé au chêne sessile (*Q. petraea*), mais aussi au frêne commun (*Fraxinus excelsior*), au charme (*Carpinus betulus*) et au Tilleuls (*Tilia sp.*). Dans sa flore herbacée on retrouvera des espèces à floraison printanière au caractère esthétique très prononcé comme : la stellaire holostée (*Stellaria holostea*), le sceau de Salomon commun (*Polygonatum multiflorum*), la potentille faux-fraisier (*Potentilla sterilis*), le lamier jaune (*Lamium galeobdolon*) et l'anémone sylvie (*Anemone nemorosa*).

Ce marteloscope présente une très grande diversité spécifique dans sa strate arborescente avec en majorité des chênes indigènes et du châtaigner (*Castanea sativa*), puis le charme, l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), le merisier (*Prunus avium*) ainsi que plusieurs essences plus ponctuellement représentées telles que le hêtre, l'érable plane (*Acer planatoides*), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*), le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et enfin quelques raretés comme un grand noyer cendré (*Juglans cinerea*), un robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*), un peuplier grisâtre

(*Populus xcanescens*), un chêne rouge d'Amérique (*Quercus rubra*) et un bouleau verruqueux (*Betula pendula*) tombé lors des tempêtes du printemps 2020.

Donnée d'installation

Le maillage d'installation est orienté à 35° d'azimut et la densité des tiges a nécessité d'avoir un écartement des jalons de 20 mètres.

Étant donné la densité des tiges, de la régénération le long des voiries et de l'expérience du premier marteloscope, la numérotation s'est faite à la bombe de peinture forestière (Fig. 23).



Figure 23 : Numérotation peinte sur l'arbre n°182 du marteloscope n°5 (©Matteo Marcandella)

Dans ce marteloscope, c'est le jalon « 4D » qui a été matérialisé pour la pérennité du site (voir annexe 5).

Proportion de surface terrière par essences

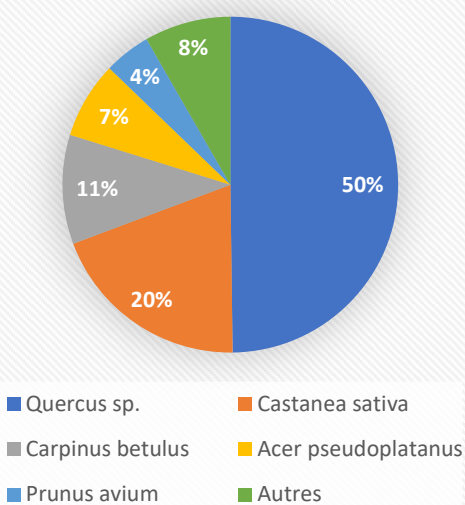


Figure 24 : Proportion des essences par surface terrière du marteloscope n°5

Donnée dendrométrique

Le site du marteloscope du Caporal est remarquable par sa forte densité, en effet on y mesure une surface terrière de 40,94 m²/ha pour une densité de tige de 242/ha. La figure 24 montre que cette surface terrière est constituée à moitié par les très vieux chênes indigènes présents dans le peuplement. Ensuite ce sont les cépées et tiges de châtaignier qui représentent un cinquième de la densité. Et enfin, le tiers restant est composé des divers avec en majorité le charme et l'érable sycomore. Cette dernière essence composant la majorité des zones de régénération.

Ce site se voulant essentiellement fonctionnel, seules les données primordiales y ont été récoltées, les qualités et hauteurs individuelles ainsi que la régénération et la présence de bois mort n'ont donc pas été mesurées pour ce site.

Tableau de synthèse

Nombre d'arbres	242
Surface terrière (m ²)	40,94
Circonférence moyenne (cm)	122
Surface terrière moyenne (m ²)	0,17
Circonférence de l'arbre de G moyen (cm)	146
Nombre d'essence présente	14
Surface terrière objectif (m ²)	16-18
Surplus (m ²)	21-23
Proportion de classe de bois (PB, MB et GB en %)	10 / 21 / 69

Tableau 3 : Récapitulatif des données dendrométriques du marteloscope n°5

Pour représenter de manière plus aisée le peuplement et la part de taillis qu'il possède (14%, 35 tiges) ceux-ci seront représentés selon une C150 théorique issue de la somme des surfaces terrières de ces tiges, de même pour les calculs en résultant.

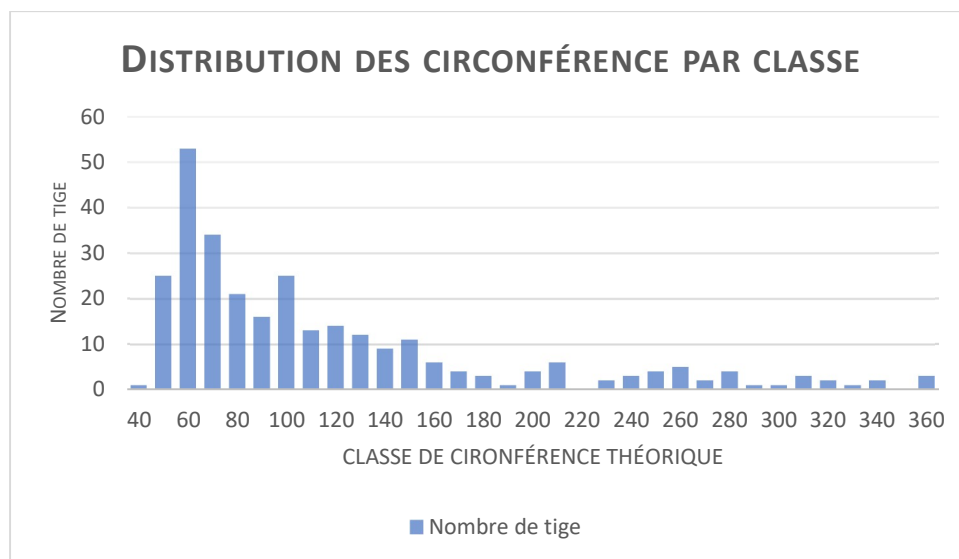


Figure 25 : Répartition des arbres par classe de C150 théorique pour le marteloscope n°5

La figure 25 présente une répartition des tiges par classe de grosseur assez proche de la valeur théorique de la futaie jardinée présentée en figure 3. On observe cependant un déficit non négligeable dans les classes de petit bois qui est aggravé par le manque de semis présenté en figure 26. Tout comme la surface terrière le laissait penser, on retrouve une forte capitalisation avec 38 tiges de plus de 200 cm de circonférence.

Les données d'inventaires pour ce marteloscope se situent dans l'annexe n°8.

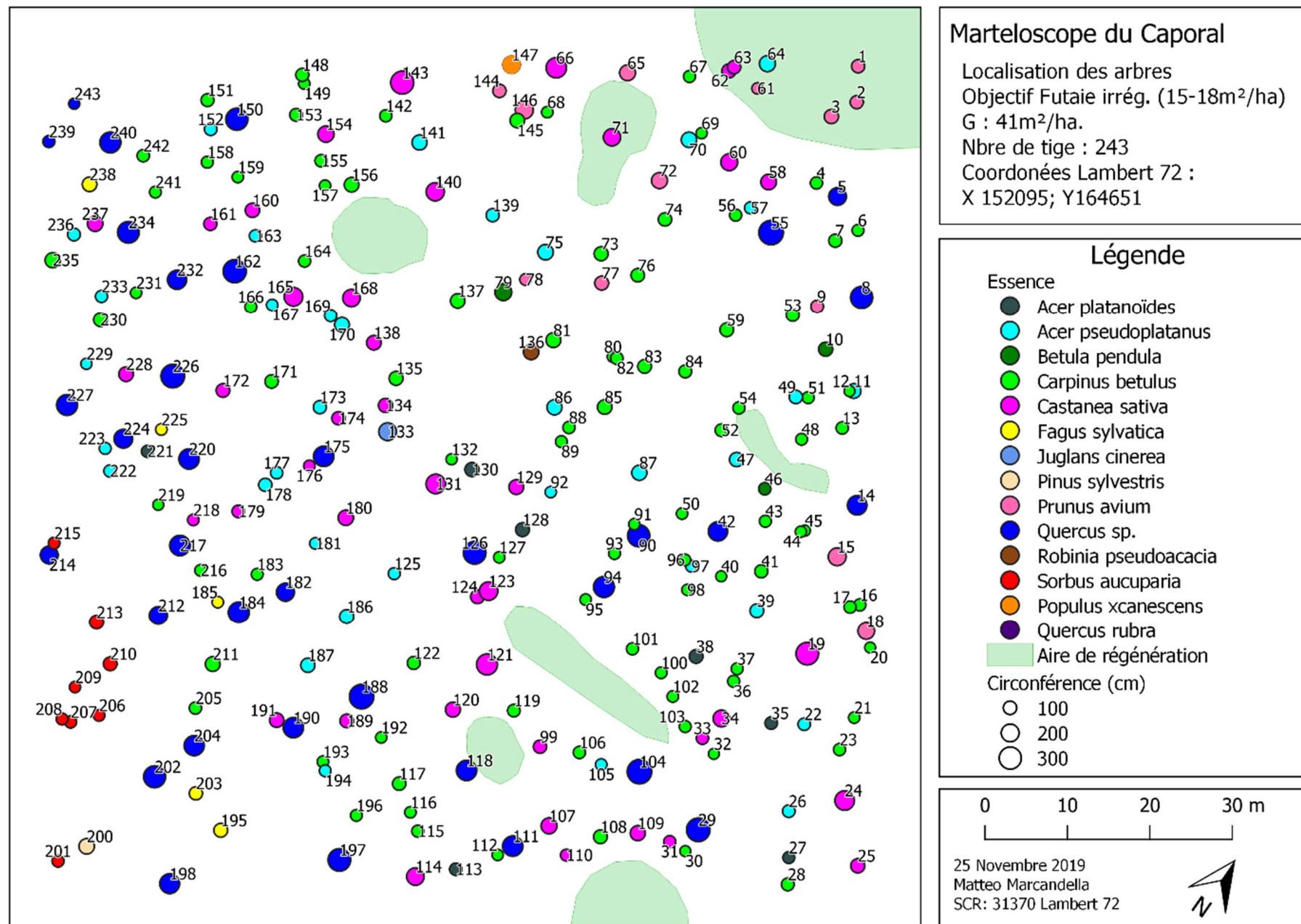


Figure 26 : Répartition des arbres du marteloscope n°5

4.3.5 Remarques et critiques de l'installation

Tout d'abord, la numérotation à la bombe était plus rapide et demandait un effort physique moins important qu'à la griffe. La peinture est, également, beaucoup plus visible que les marques de la griffe, ce qui est plus pratique lors du déroulement des exercices, mais qui attire également plus l'œil du public. Il reste à observer si cela devient un inconvénient dans un contexte de forte fréquentation par le public comme en Forêt de Soignes. Des cas de sabotage ou dégradation des marquages de gestion ont déjà été observés en Forêt de Soignes.

Après une saison de végétation (septembre 2019 – août 2020), la croissance en grosseur de l'arbre est déjà observable sur les marques à la griffe du marteloscope n°4. On remarque des fissures longitudinales, en raison de l'étirement de l'écorce sous la contrainte de la croissance du tronc, sur les traits verticaux (Fig. 27.1) et horizontaux (Fig. 27.2). Ce sont ces derniers qui poseront le plus rapidement des problèmes de lecture, car ils représentent des plus petites surfaces à cicatriser. Cette croissance induira également un étalement horizontal de ces chiffres qui diminuera leur lisibilité.

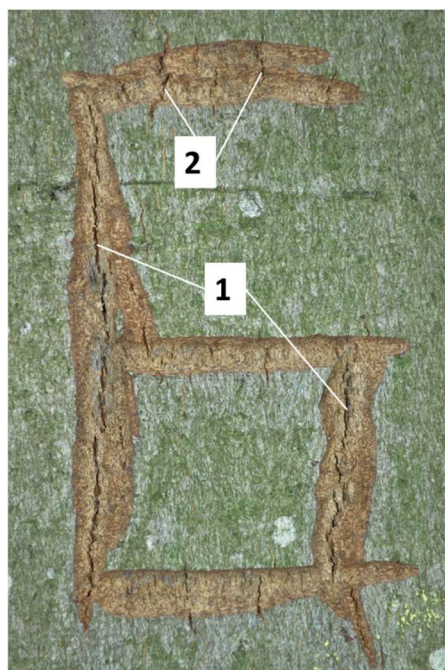


Figure 27 : Détails d'un numéro tracé à la griffe sur un hêtre dans le marteloscope n°4 (©Matteo Marcandella)



Figure 28 : Exemple de numérotation d'un arbre dans le marteloscope n°3. (©Matteo Marcandella)

Les arbres des marteloscopes installés dans le cadre de la convention CDAF-IBGE étaient numérotés avec des numéros blancs écrits sur un fond rouge (Fig. 28) ce qui nécessitait plusieurs passages et augmentait aussi le temps de travail, mais pour un résultat encore lisible 13 ans après sauf sur les essences à desquamation élevée comme le pin sylvestre. Cependant, cette numérotation peut avoir une allure plus durable et soignée qui peut être moins dérangeante visuellement pour les usagers de la forêt.

Une autre manière de numéroté les arbres dans un tel concept serait, comme pour certains arbres de parc ou d'alignement, avec des plaques métalliques ou plastiques numérotées accrochées à l'arbre via un clou en aluminium. Ou encore grâce à l'utilisation de plaquette plastique type « Arbo Tag » utilisée par les exploitants forestiers.

Ensuite, l'installation du marteloscope n°4 a nécessité 3,5 jours-personnes ainsi que 4 j-p supplémentaires pour l'inventaire des hauteurs individuelles, des dendromicrohabitats et des qualités par billon pour l'inscription au programme Integrate+. Le marteloscope n°5 a été mis en place en 5 jours-personnes. Une durée à relativiser, car il possède un nombre de tiges plus élevé que le précédent et l'expérience de la première installation a permis une meilleure logistique et meilleure organisation lors de la mise en place.

Également, lors des deux installations les mesures de distance entre jalons ainsi que les mesures entre les jalons et arbres ont été faites au ruban décamètre. L'utilisation d'un outil moins encombrant comme un vertex accompagné du transpondeur et du mât 360° pourrait certainement accélérer la prise de mesure et la mise en place.

Enfin, dans le contexte du marteloscope du Caporal, la grande diversité d'essence a fait que certaines erreurs s'étaient glissées dans l'identification de quelques individus. Bien que ça ne soit pas problématique lors de la réalisation de l'exercice en tant que tel, cela peut poser un problème pour apprécier les actions des opérateurs lors de l'analyse des exercices.

4.4 INSCRIPTION AU PROGRAMME « INTEGRATE+ » DE L'EFI

Dans l'optique d'obtenir une interface permettant de fournir rapidement les informations liées aux exercices de martelage sur les deux martelosopes, j'ai pris contact avec les membres de l'Institut Européen des Forêts (European Forest Institute) chargés du projet « Integrate+ » dans le but d'inscrire le marteloscope n°4, « Type de gestion n°2 », pour pouvoir profiter de leur programme de visualisation des exercices de martelage.

4.4.1 Présentation du projet

« Integrate+ » est un projet de développement d'un réseau européen de martelosopes en Europe, dans le but de populariser la sylviculture plus proche de la nature, ou sylviculture de conservation, qui propose également des solutions de visualisation d'exercice pour les sites inscrits au programme. Le projet originel s'est développé de décembre 2013 à décembre 2016 et était financé par le Ministère Allemand de l'Agriculture et de l'Alimentation. Et il continue, encore aujourd'hui, en partenariat avec l'EFI. (Integrate+, s.d.)

Leurs activités les ont également menés à encadrer des exercices de martelage sur les sites inscrits au programme I+.

Dans le but d'aider leurs partenaires européens à installer des martelosopes et à réaliser l'inventaire des dendromicrohabitats qu'ils abritent, le projet propose également une application Android servant de catalogue virtuel de terrain. (Kraus, et al., 2016)

4.4.2 I+ Trainer

I+ Trainer¹ est l'application mobile sur appareil Android de visualisation des exercices de martelage (Fig. 29).

Il permet de télécharger les données d'un marteloscope présentes dans leur base de données, de visualiser l'ensemble de ces paramètres et de réaliser une sélection d'arbres à couper ou maintenir en précisant la raison, et enfin de visualiser l'ensemble des effets de cette coupe directement sur l'application ou via la création d'un rapport dans un fichier au format PDF. (Schuck, Kraus, Krumm, Held, & Schmitt, 2015)

¹ Elle est disponible via ce site web : <http://iplus.efi.int/software-store.html>

4.4.3 Adaptation

L'inscription d'un site au programme nécessite de remplir un fichier Excel comprenant trois feuilles :

- La première ayant attrait aux informations du site en tant que tel : le nom, la surface, le type de peuplement, les caractéristiques climatiques et pédologiques ainsi que des photos d'illustration.
- Dans la deuxième, toutes les informations dendrométriques pour chacun des arbres debout (diamètre à hauteur de poitrine ou C150, hauteur totale, essence, longueur par qualités ...) ainsi que sa position relative au marteloscope ou si l'arbre est vivant ou mort.
Mais également le prix de l'arbre sur pieds au vu de sa qualité et de son volume et d'un tableau des prix par catégorie de circonférence, essence et classe de qualité.
- La troisième recueille le nombre et le type de micro-habitat tel que présenté dans le « Catalogue des dendromicrohabitats » (Kraus, et al., 2016) de manière à calculer la « valeur écologique » de chaque arbre.

Cette inscription ayant eu lieu après la mise en place du site, il a été nécessaire de récolter des informations complémentaires telles que la hauteur totale de chaque arbre ainsi que leur classe de qualité par tronçon et adapter les codes de micro-habitat inventorié depuis CooRenSy ainsi que réaliser un inventaire de ceux qui n'étaient pas comptabilisés par le premier système.

En plus de ceci, il a été nécessaire de réaliser le tableau des prix susmentionné. Pour ce faire, nous avons pu nous baser sur le tableau des prix réalisé par Martin Winnock d'Inverde pour les marteloscopes de Groenendael et de Tessengerlo qui font partie du projet. Ce tableau (annexe 9), comprenant les prix pour les chênes indigènes (*Quercus robur* et *Q. petraea*), le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), le pin Laricio (*Pinus nigra var. Corsicana*) et les bouleaux (*Betula pendula* et *B. pubescent*). Les prix du chêne ayant été calculés avec les résultats du parc à grumes de Saint-Avoid en Allemagne et des expériences de vente en Flandre. Les prix des pins et bouleaux sont issus de discussions et d'estimations en parc à grumes.

Pour adapter ce tableau au site du Tambour, il a été nécessaire de rajouter des prix pour le hêtre et le mélèze. Hélas, ces essences sont rarement vendues en parc à

grumes et font rarement l'objet d'expertise aussi poussée que les chênes. Les prix pour le hêtre proviennent de Brunin et Arnal (2012) un des rares documents où l'on retrouve une gamme d'estimation par classe de qualité, sur pieds et abattue, mais hélas sans distinction de grosseur. Pour le mélèze, il s'agit de l'estimation haute et basse des gros bois de mélèze. (Annexe 10)

4.4.4 Résultat

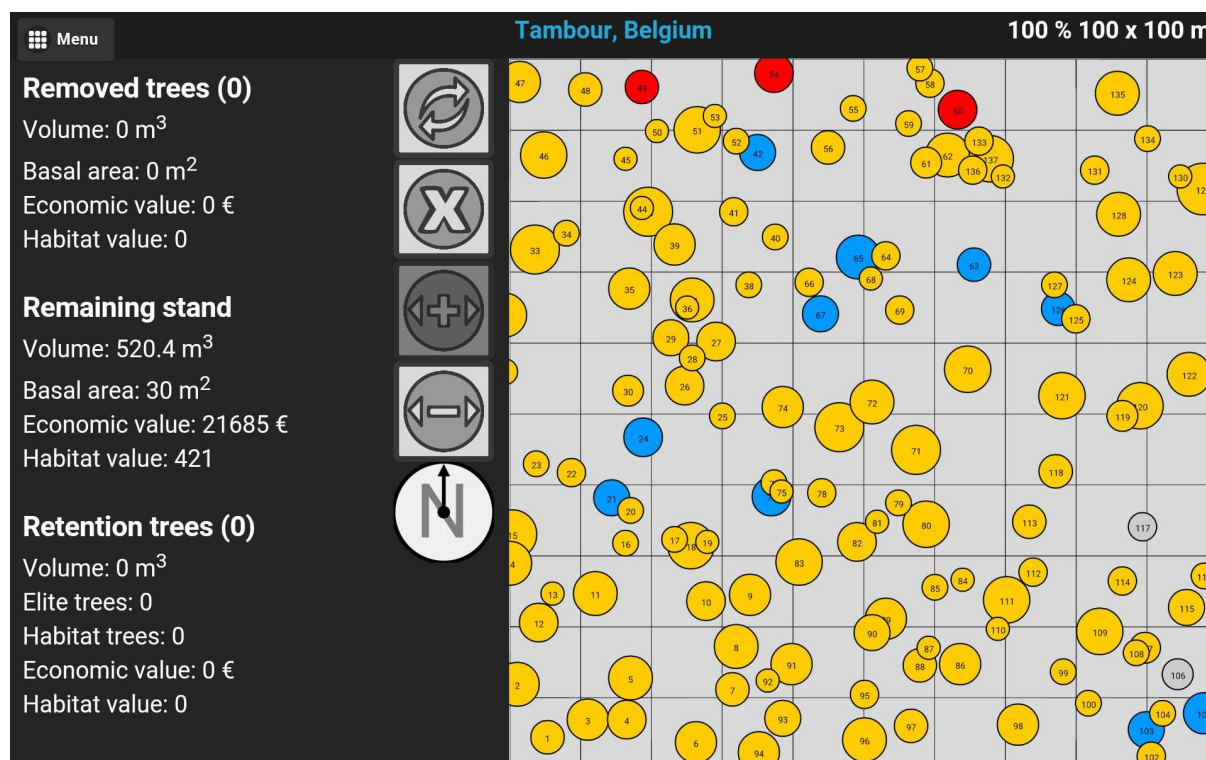


Figure 29 : Interface de I+ Trainer pour le Marteloscope du Tambour capturer via I+Software (Schuck, Kraus, Krumm, Held, & Schmitt, 2015)

Une fiche de présentation du marteloscope a été réalisée pour l'occasion. (Annexe 11)

Malheureusement, l'inscription s'est achevée après les premiers exercices en février 2020 ce qui ne nous a pas permis de profiter du software I+Trainer dans le cadre des exercices de martelage ci-après.

5. EXERCICE DE MARTELAGE DU 28.02.2020

L'exercice de martelage a rassemblé huit membres du personnel de Bruxelles-Environnement ainsi que deux élèves de la HEPH-Condorcet (Fig. 30).

Chacune des deux visites consistait en la présentation brève du peuplement, de ses caractéristiques. Un rappel du type de gestion et de ces objectifs était dispensé, ainsi que les règles de martelage en futaie irrégulière. Ensuite, les groupes avaient une heure pour parcourir le peuplement et inscrire les arbres sélectionnés dans un dossier. Enfin, un tour du marteloscope était effectué en passant par tous les arbres retenus par les participants pour échanger sur la pertinence de la sélection ainsi que les raisons qui ont poussé à celle-ci.



Figure 30 : Discussion après exercice sur le marteloscope du Tambour. (© Matteo Marcandella)

Les retranscriptions des dossiers de sélection se trouvent en annexe 12 pour le marteloscope n°4 et en annexe 13 pour le n°5.

5.1 MARTELOSCOPE DU TAMBOUR

5.1.1 Consigne de martelage au plan de gestion et retranscription sur le terrain

Les consignes présentées avant l'exercice étaient :

- Arriver à une densité de 18 à 21 m²/ha en se limitant à 5 m²/ha par prélèvement.
- Prélever principalement les grands arbres matures.
- Les arbres ayant une grosseur supérieure à 280 cm de C150 sont à désigner en arbres Habitat

Le contexte de la Forêt de Soignes avec son sol peu propice à l'ancrage des racines de hêtre avec le fragipan lié aux grandes hauteurs des arbres (40 – 45 m), fait que l'on fera attention de ne pas agrandir les trouées existantes, mais également à ne pas sélectionner deux arbres de grande dimension trop proche l'un de l'autre pour limiter les risques de chablis. (Vanwijnsberghe, et al., 2019)

Les résultats des prélèvements des quatre équipes pour le marteloscope du Tambour se trouvent aux deux pages suivantes. La figure 31 fait lieu de légende pour les quatre cartes présentes.

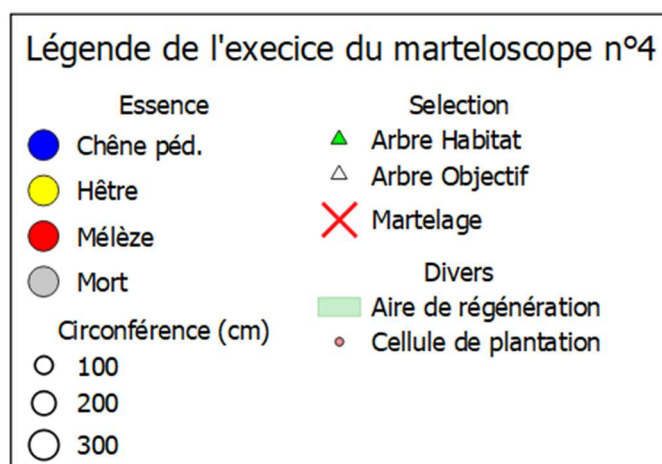
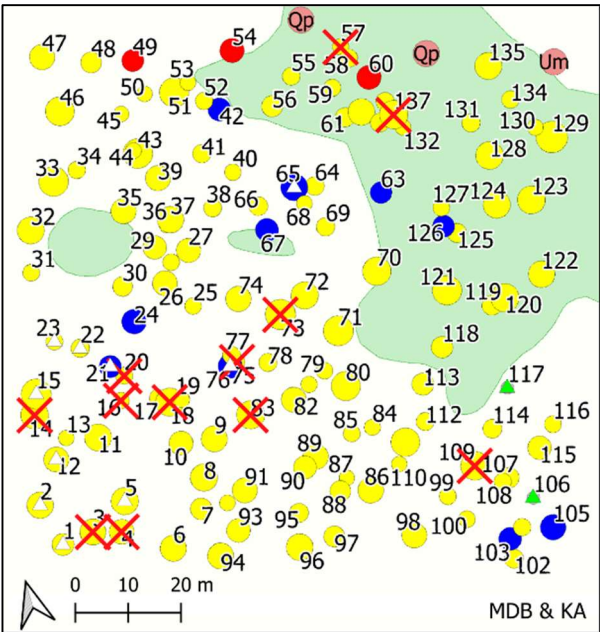
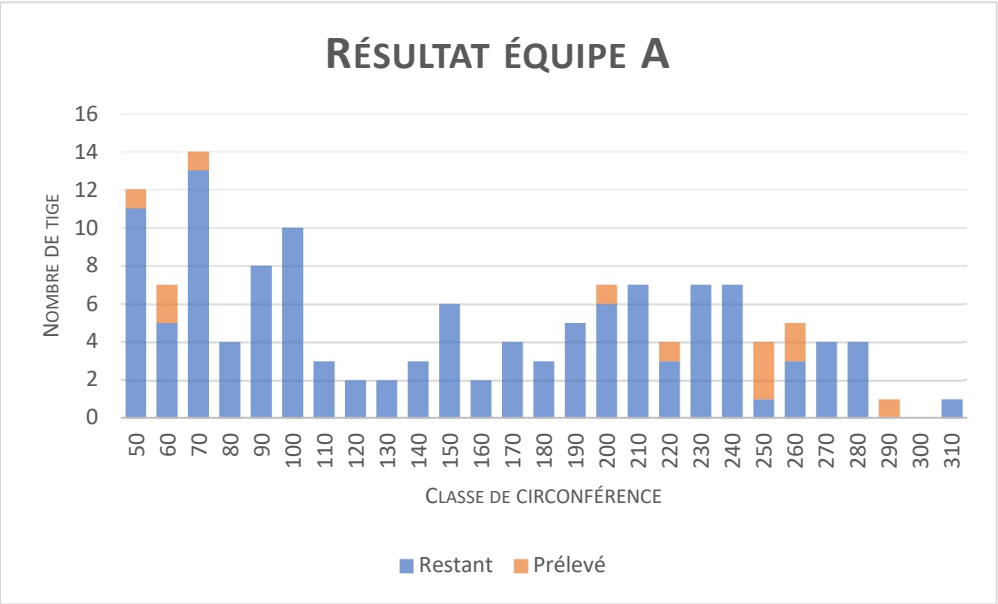


Figure 31 : Légende de l'exercice du marteloscope n°4

5.1.2 Résultats des prélèvements par équipes

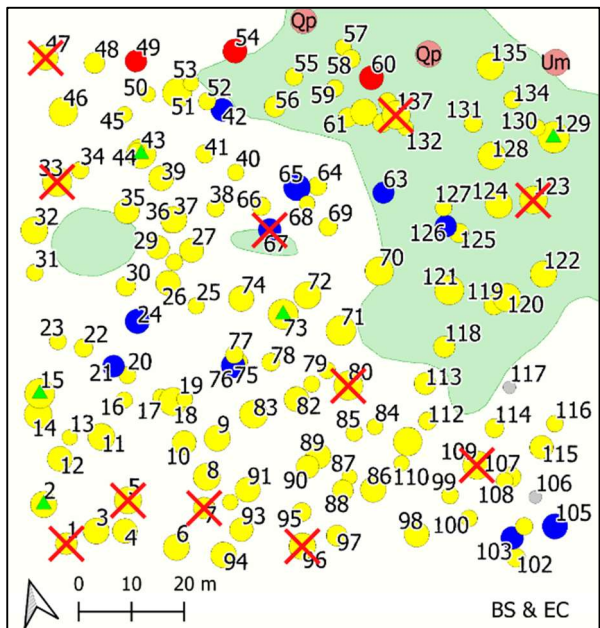
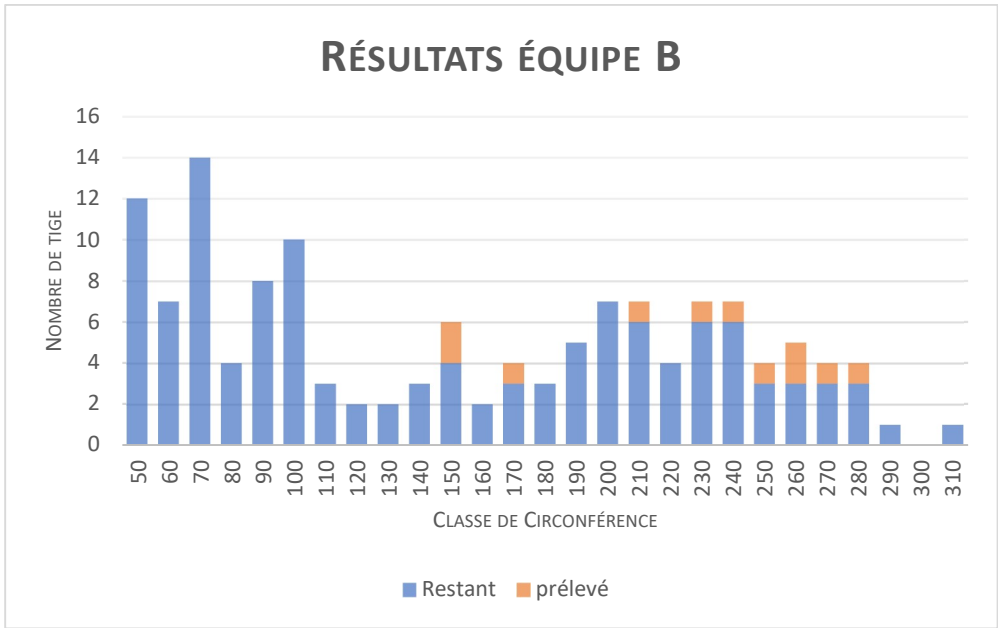
Équipe A :

Prélèvement	Valeur
Ni	12
Gha (m²)	3,90
Vha (m³)	71,3



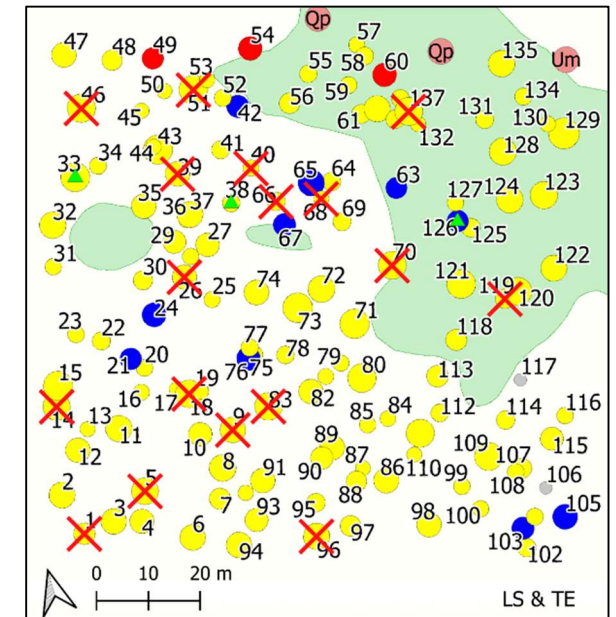
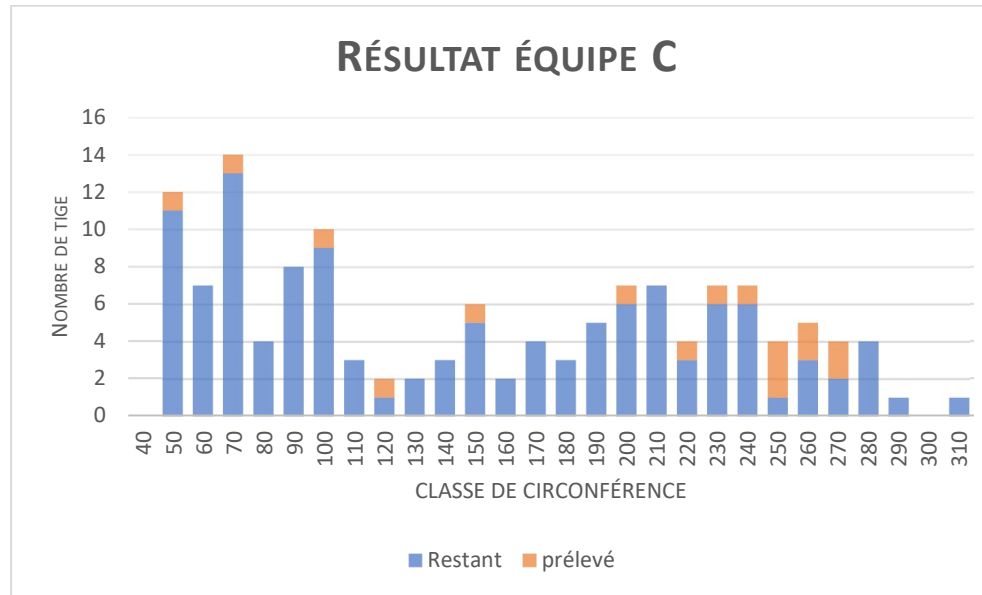
Équipe B :

Prélèvement	Valeur
Ni	11
Gha (m²)	4,38
Vha (m³)	80,8



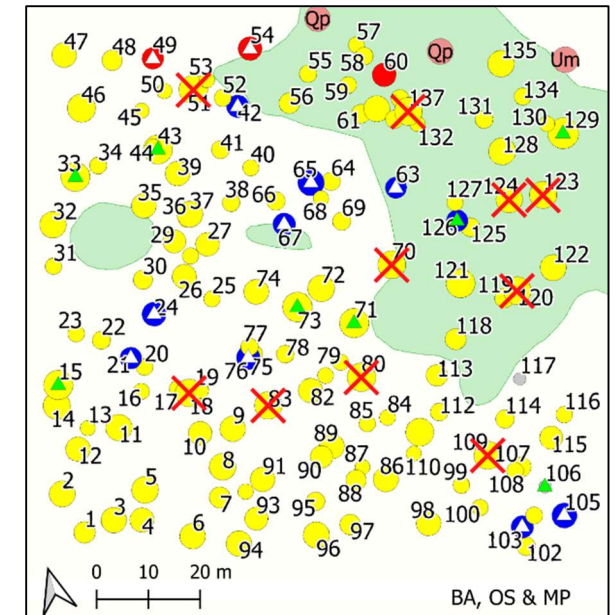
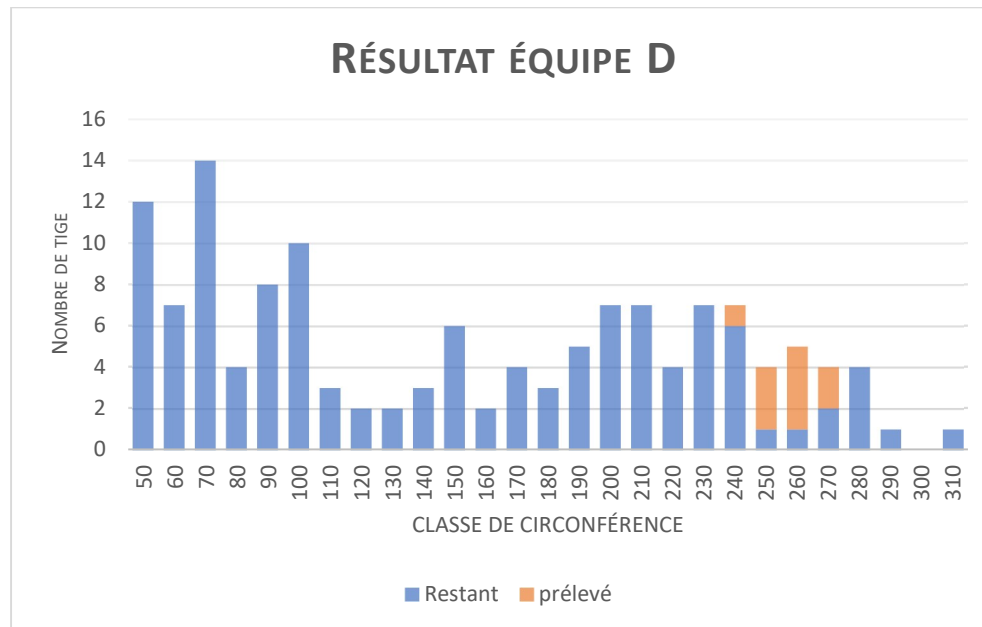
Équipe C :

Prélèvement	Valeur
Ni	17
Gha (m ²)	5,84
Vha (m ³)	105,8



Équipe D :

Prélèvement	Valeur
Ni	10
Gha (m ²)	5,07
Vha (m ³)	93,5



5.1.3 Observation

Les prélèvements de l'équipe A étaient à la fois parmi les Gros Bois, mais également dans les Petits Bois en concurrence. Spatialement, les arbres martelés sont assez concentrés vers le sud-ouest du site dans une zone avec peu de régénération. La surface terrière prélevée n'atteint pas l'objectif fixé (Tableau 4).

Le groupe B a prélevé dans les Gros Bois et les Très Gros Bois. Son prélèvement est assez bien réparti sur le site. Cette équipe est la seule à avoir inclus un chêne dans leur sélection. La surface terrière de leur exercice est également trop basse par rapport à l'objectif.

Le troisième groupe a désigné un nombre significativement plus élevé de tiges et en majorité dans les TGB, mais également dans les trois autres catégories. La surface terrière prélevée dépasse la limite qui était fixée en début d'exercice. En plus de cela, les arbres sélectionnés sont assez proches les uns des autres.

L'équipe D est celle qui s'est le mieux rapprochée des consignes de prélèvement avec une surface terrière très proche de l'objectif, par ailleurs, elle n'a réalisé sa sélection que dans les GB compris entre 240 et 280 cm de circonférence, soit l'objectif d'exploitabilité pour le hêtre.

	Équipe A	Équipe B	Équipe C	Équipe D
Ni	12	11	17	10
G m ²	3,90	4,39	5,84	5,07
V m ³	71,3	80,8	105,8	93,5

Tableau 4 : Résumé des prélèvements pour les quatre groupes sur le marteloscope n°4

5.1.4 Commentaire

Lors des discussions suivant l'exercice en lui-même, plusieurs arbres ont soulevé des questionnements et discussions quant au bienfondé de leur sélection. L'arbre n°1 avait été martelé par l'équipe B et C, mais n'était pas à dimension d'exploitabilité et parmi le bouquet auquel il appartenait, d'autres individus tel que le n°5 étaient de meilleurs candidats. Le martelage du n°1 aurait été un sacrifice d'exploitabilité, car prélèverait bien trop tôt un individu en pleine croissance.

Le martelage de l'arbre n°18 par 3 des 4 équipes était considéré comme prématuré par M. Vaes, Ingénieur du département forêt. Les n°123 et 124, étant très rapprochés, il est privilégié de ne choisir qu'un seul des deux pour éviter tout risque d'instabilité. Le choix se portera sur le 123 : plus gros et possédant de grandes cannelures très dévalorisantes.

L'inventaire de la régénération permet également de comparer la pertinence de la sélection, par rapport à l'état de la régénération alentour. La figure 32 nous montre que le martelage de l'arbre numéro 70 par l'équipe C et D risque d'entraîner un éclaircissement excessif des zones de régénération plus au nord, représentées par le point n°22.

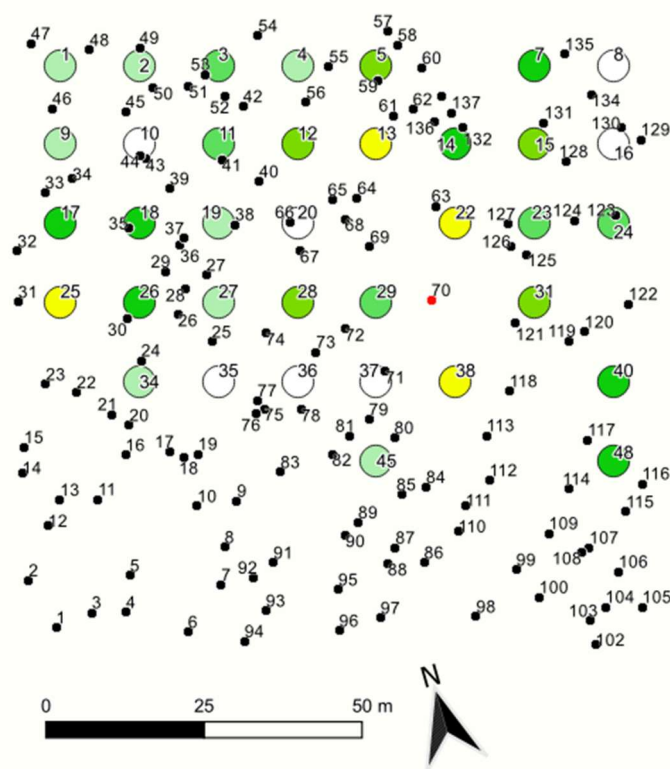


Figure 32 : Représentation des points d'échantillonnage de la régénération par qualité avec la répartition des arbres dans le marteloscope du Tambour.

L'arbre n°133 (fig. 33) n'a fait l'objet de prélèvement par aucune des équipes, mais est pourtant un cas typique d'arbre à marteler pour favoriser la régénération.

Bien qu'étant de moindre qualité et ayant des vigueur faibles, les chênes présents dans le peuplement sont à conserver comme arbre semencier et pour diversifier la présence en espèces arborées. En somme, à conserver en tant qu'arbre habitat.

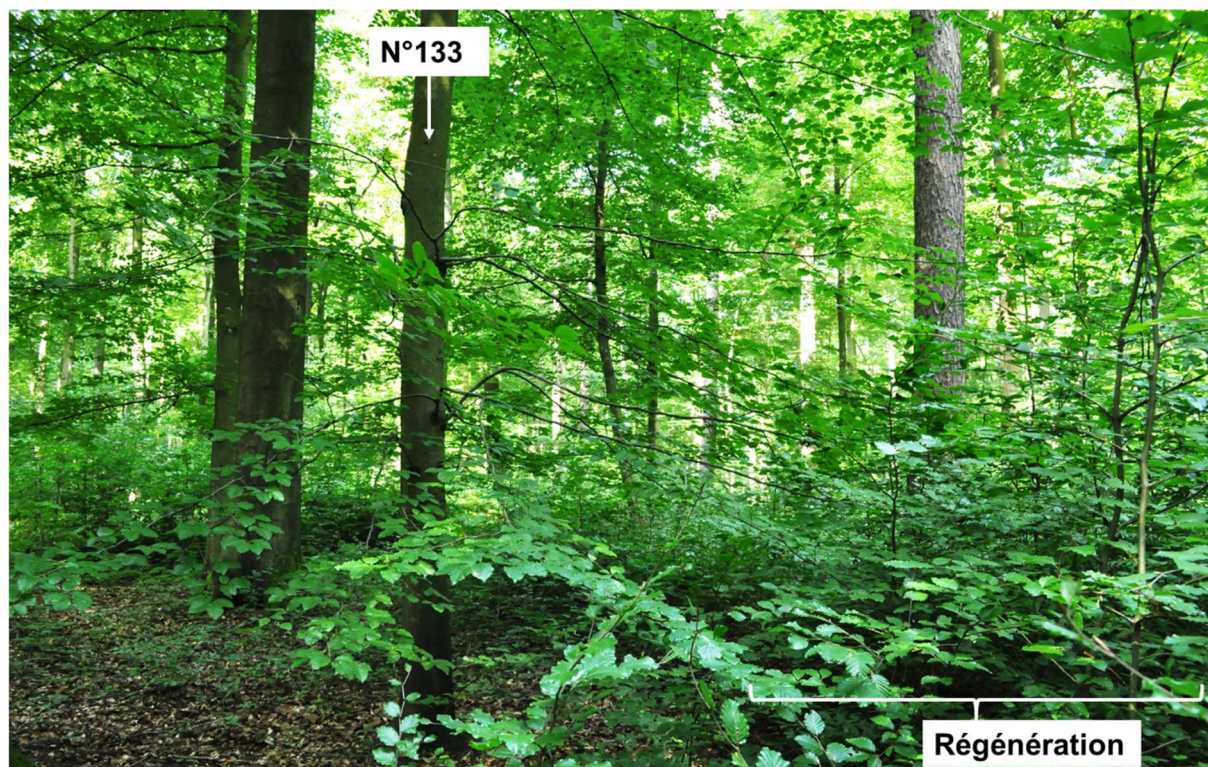


Figure 33 : Photo illustrée de la situation de l'arbre n°133 du marteloscope n°4

5.2 MARTELOSCOPE DU CAPORAL

5.2.1 Consigne de martelage au plan de gestion et retranscription sur le terrain

L'objectif principal sur ce site est la diminution de la surface terrière visant à améliorer l'état de l'habitat 9160. Pour se faire, l'objectif à atteindre est de 16-18m²/ha avant martelage en se limitant à 5 m²/ha de prélèvement.

Il a été suggéré de s'attaquer principalement aux essences non indigènes comme le châtaignier, le chêne rouge d'Amérique et le robinier faux-acacia.

Dans les deux pages suivantes se trouvent les résultats d'exercice sur le marteloscope n°5. Légende de ses exercices (Fig. 34).

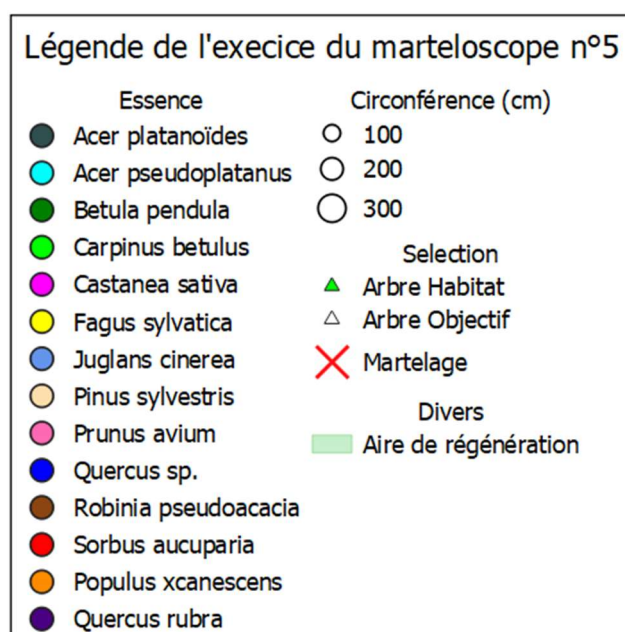
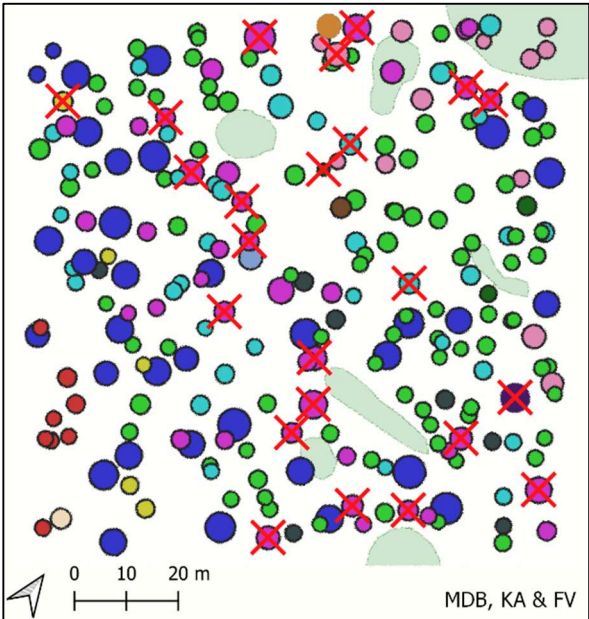
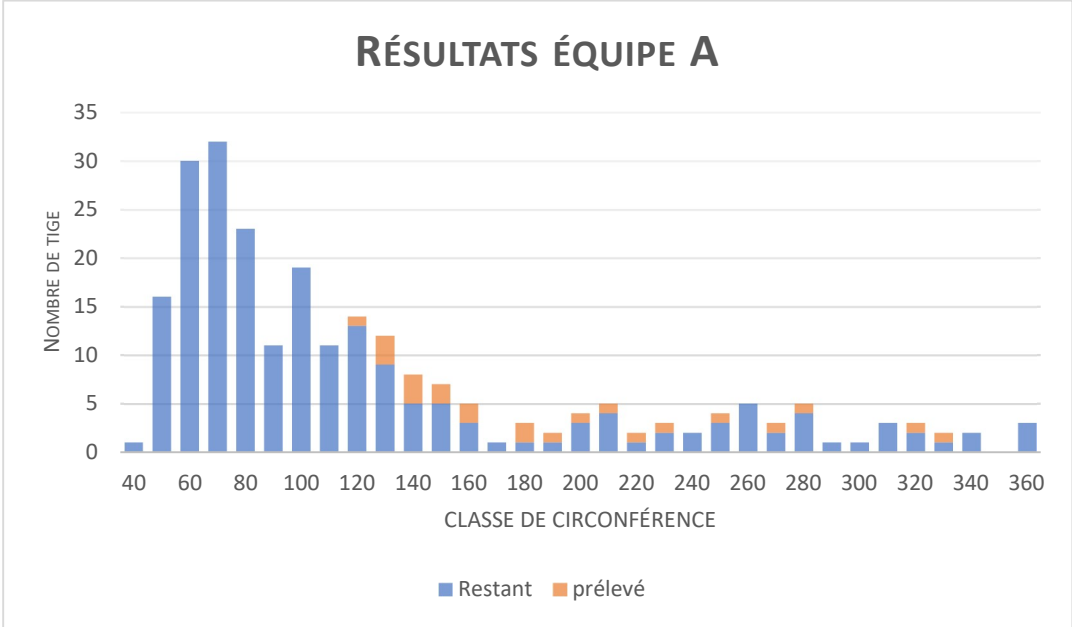


Figure 34 : Légende de l'exercice du marteloscope n°5

5.2.2 Résultats des prélèvements par équipe

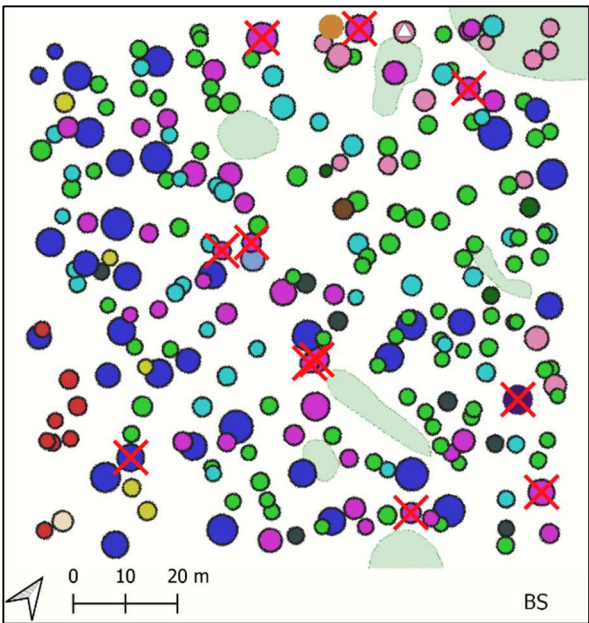
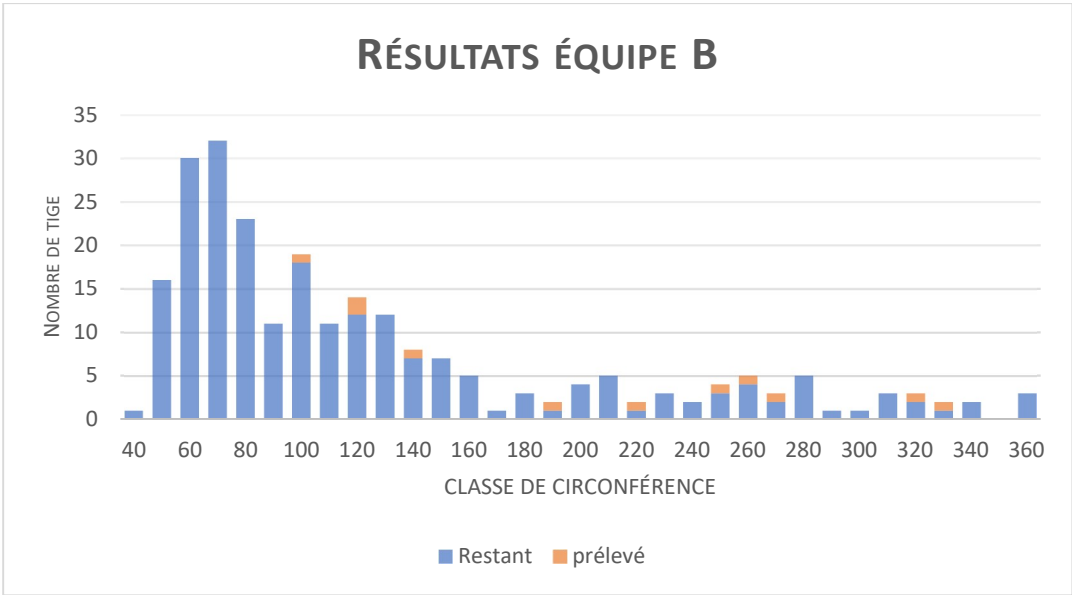
Équipe A :

Prélèvement	Valeur
Ni	23
Gha (m²)	7,05



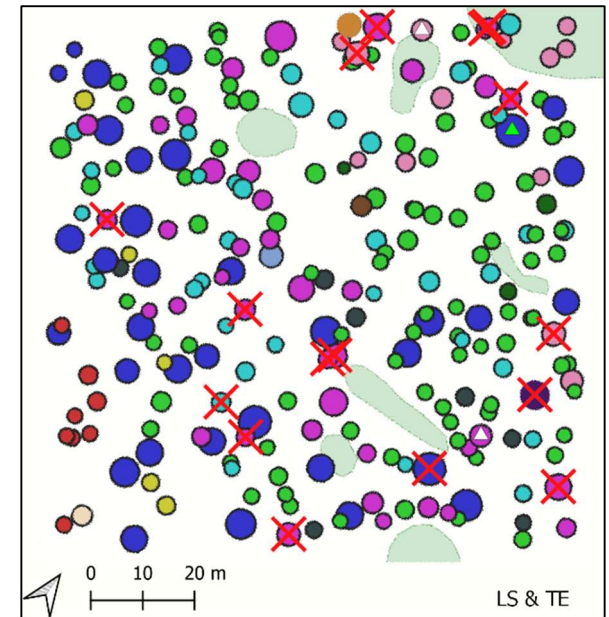
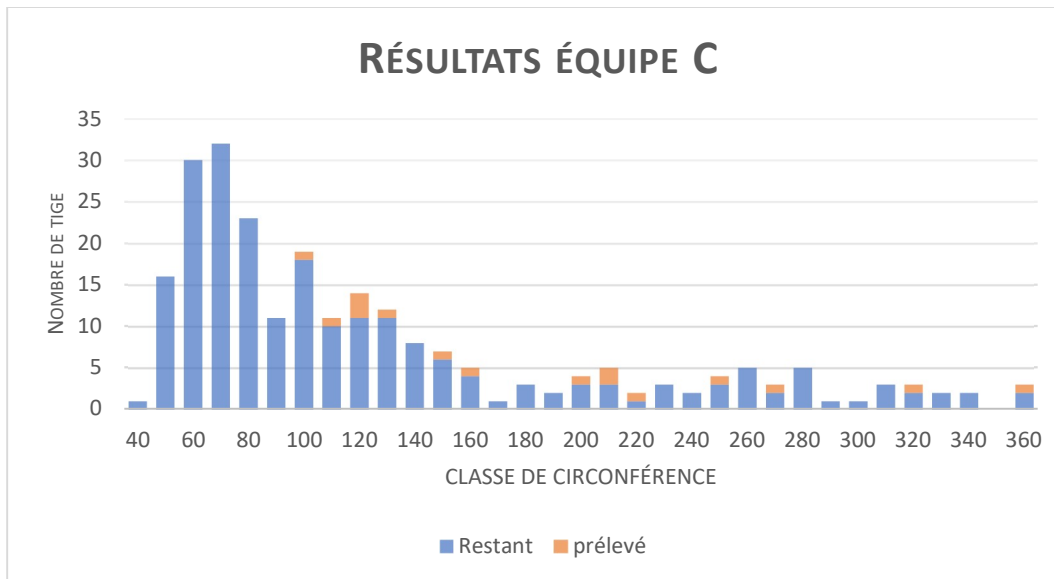
Équipe B :

Prélèvement	Valeur
Ni	11
Gha (m²)	4,19



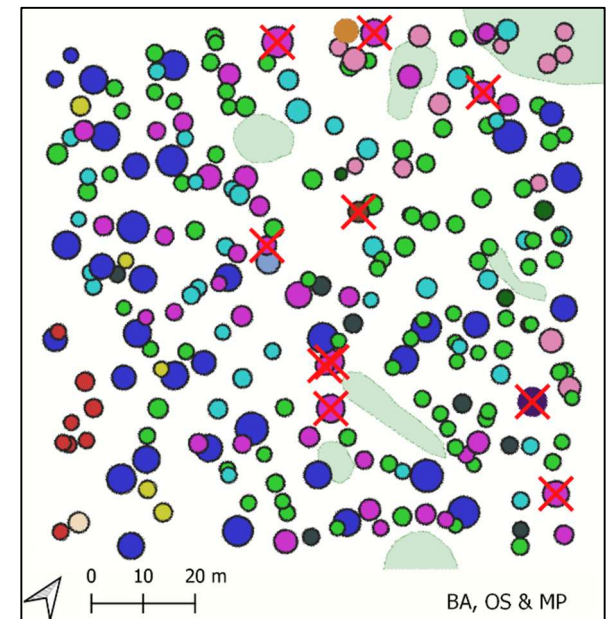
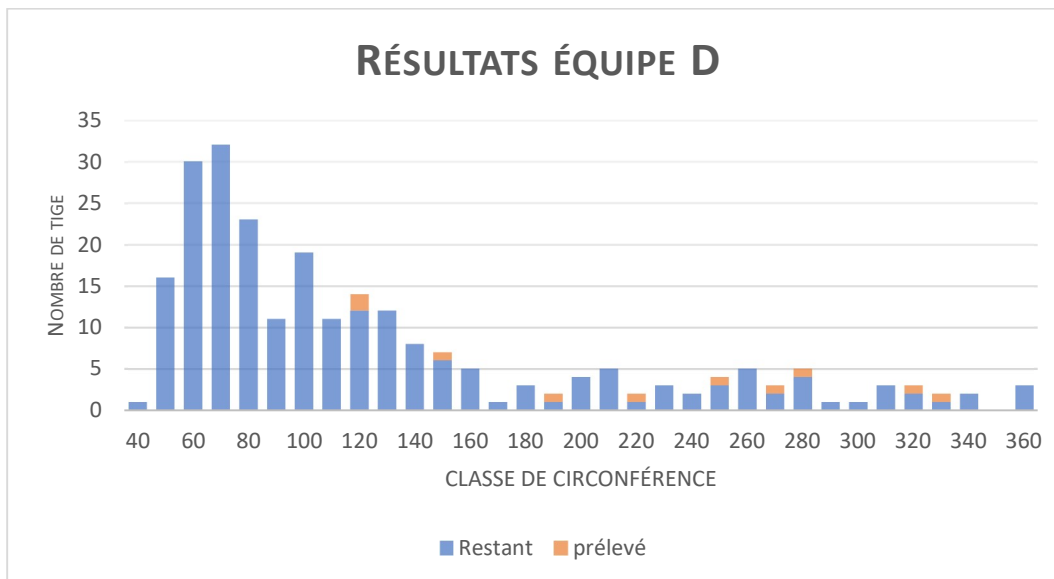
Équipe C :

Prélèvement	Valeur
Ni	16
Gha (m ²)	5,07



Équipe D :

Prélèvement	Valeur
Ni	10
Gha (m ²)	4,21



5.2.3 Observations

Pour toutes les équipes, la priorité a été l'élimination des plus gros taillis de châtaignier. Ainsi que le chêne rouge qui se trouvait sur la parcelle. Le robinier, bien qu'ayant le même statut que le chêne rouge, a quant à lui fait l'objet de sélection uniquement de la part de l'équipe D.

Dans tous les groupes, la sélection était étalée dans toutes les catégories de grosseurs.

Le groupe « A » a prélevé significativement plus que les autres en dépassant largement la consigne (Tableau 5). On note également le martelage d'autre essence que les taillis comme deux érables sycomores, un bouleau et un hêtre.

L'équipe B a martelé moins en surface terrière que la consigne. Elle a aussi prélevé un gros chêne indigène.

L'équipe C, a martelé en suffisance en ne dépassant que légèrement la consigne, avec 16 individus désignés, dont un chêne indigène de 355 centimètres de circonférence.

Le groupe D, quant à lui, a réalisé un martelage assez réservé en ne prélevant que 10 arbres pour 4,21 m² de surface terrière.

	Équipe A	Équipe B	Équipe C	Équipe D
Ni	23	11	16	10
G m ²	7,05	4,19	5,07	4,21

Tableau 5 : Résumé des prélèvements pour les quatre groupes sur le marteloscope n°5

On remarque que les parties ouest du site, et tout particulièrement sud-ouest n'ont fait l'objet de peu, voire d'aucun prélèvement. Ce constat peut laisser penser que, dus au nombre de tiges important et donc au nombre de situations à visiter, les participants n'ont pas eu assez de temps pour visiter l'ensemble du site à la fin du temps imparti (une heure).

Commentaire

Étant donné l'absence de régénération en chêne dans le peuplement, il est très intéressant de conserver des individus semenciers pour garantir le renouvellement de l'essence une fois l'objectif de densité atteint. Cependant, on compte sur cette parcelle 24 chênes indigènes ayant une circonférence au-dessus de 250 centimètres. Il est intéressant de savoir si tous les chênes sont à conserver pour améliorer l'habitat sur cette parcelle ou si les individus très valorisants pourraient être martelés dans de futurs passages en coupe.

5.3 OBSERVATION GLOBALE

Malgré des différences notables dans la répartition et la force de prélèvement de chaque équipe, la figure 35 nous permet d'observer que de manière générale la structure résultante était très similaire entre les équipes et a conduit à une diminution drastique de la part de gros bois dans les deux marteloscopes.

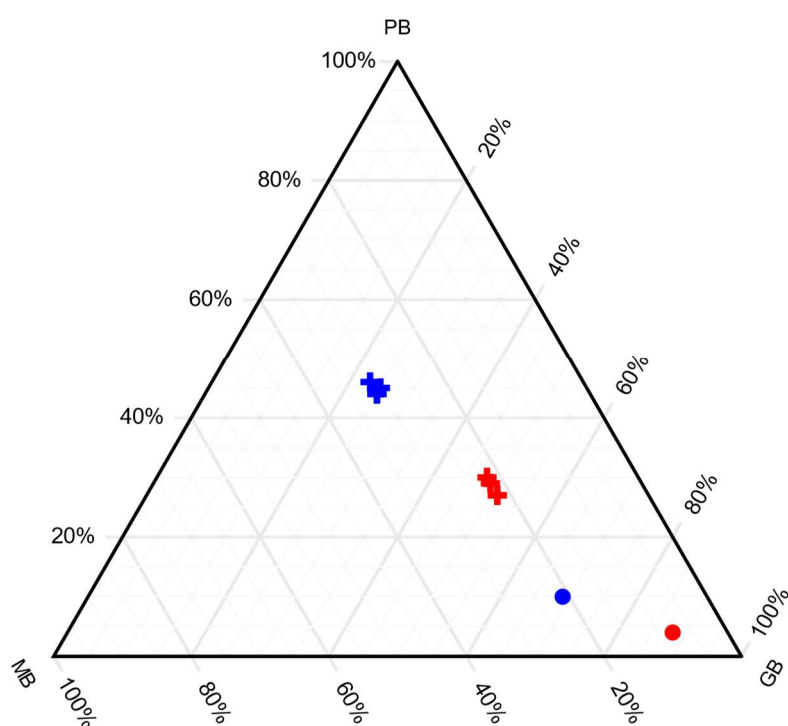


Figure 35 : Représentation de la composition en type de bois de l'état initial (rond) des marteloscopes n°4 (rouge) et n°5 (bleu) ainsi que leurs exercices (croix)

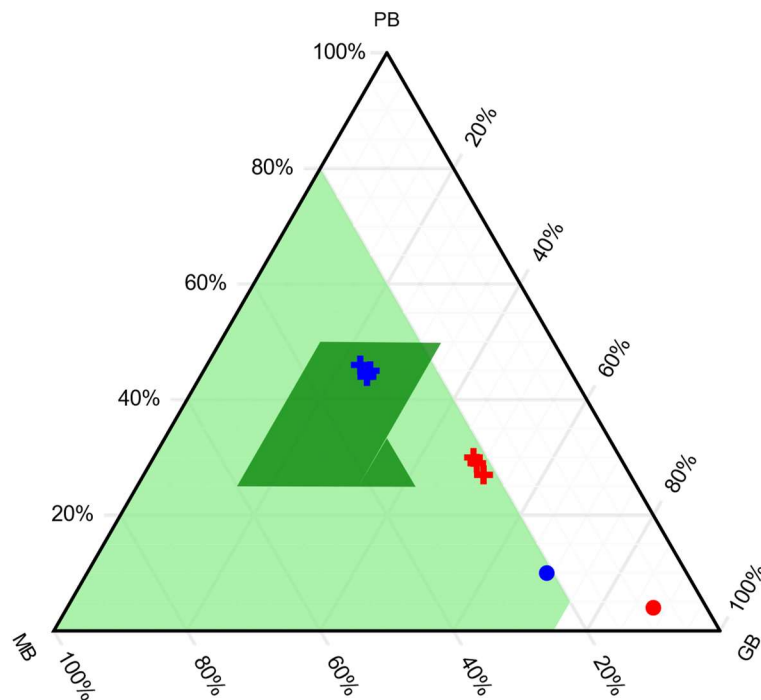


Figure 36 : Résultat des exercices de martelage comparés aux définitions de FUSAGx (2007) en vert foncé et Bachelet (2002) en vert claire.

La figure 36, nous permet d'observer que les interventions des équipes auraient permis d'obtenir une situation à la limite de l'irrégulier de Bachelet (2002) pour le marteloscope n°4 et une proportion digne de la futaie jardinée selon FUSAGx (2007) pour le marteloscope n°5. Ces résultats permettent aussi de comprendre que le site du marteloscope n°4 nécessitera d'autres passages avec les mêmes consignes pour parvenir à un résultat irrégulier plus marqué. Pour le marteloscope n°5, son état résultant des exercices étant déjà assez diversifié, les prochains passages en coupes seront l'occasion de travailler également dans les Petits Bois et Moyens Bois pour mettre en valeur les tiges d'avenir.

Évidemment, d'autres facteurs entrent en jeu pour garantir la pérennité de cet état dans le temps et pour permettre un bon fonctionnement de l'écosystème. Pour cette raison les sites nécessiteront encore que l'on travaille à diminuer leurs surfaces terrières pendant plusieurs rotations. Mais, cela permet néanmoins de se rendre compte du progrès réalisé après un martelage et de l'efficacité des consignes.

6. DISCUSSION

Tout d'abord, dans le but d'améliorer la visualisation de l'impact des sélections sur la luminosité du peuplement, il serait intéressant de mesurer l'impact de chaque arbre sur la luminosité en caractérisant le volume et la forme du houppier (de la même manière que dans le marteloscope de Vecmont installé par l'ASBL Forêt Wallonne (Sante, 2019). Également, de manière à comprendre la situation initiale, il faudrait caractériser l'éclairement du sol via des mesures de luminosité ou d'ouverture du couvert tel que le densiomètre (Baudry, Charmetant, & Ponette, 2010)

La valeur de 5 m²/ha est due à une erreur de lecture lors de la préparation de l'exercice. Selon Baar (2010a), étant donné que nous ne connaissons pas la croissance des deux peuplements, nous devons l'estimer ainsi : [Possibilité = 20% (= 8 ans * 2,5%) * G]. Cette valeur aurait dû être de minimum 6 m²/ha (30m² * 20%) pour le marteloscope n°4 et minimum 8 m²/ha (41m² * 20%) pour le marteloscope n°5, un minimum, de manière à rattraper le surplus des deux parcelles. Malgré cette erreur importante dans le cadre d'une vraie gestion, les exercices ont donné lieu à des réflexions et échanges intéressants et ont permis d'aborder une première fois cette gestion avec un dispositif d'entraînement. Une expérience qui sera à reproduire.

On peut ajouter que pour appliquer un martelage suffisant dans ce type de peuplement, où la surface terrière est un paramètre prépondérant dans la gestion, il peut être très qualitatif de connaître leur croissance. Par exemple, via des mesures réalisées dans ce même type de peuplements via l'inventaire permanent ou via des inventaires en plein après et avant prélèvement.

Les précédents marteloscopes étaient utilisés officieusement pour l'éducation du public par les gardes forestiers lors des journées de découverte et vulgarisation telles que la « Journée de la Forêt de Soignes », les nouveaux marteloscopes le seront peut-être aussi. Il serait intéressant d'officialiser cette fonction avec la mise en place des panneaux didactiques ou de la documentation lors des activités publiques.

Il serait très intéressant de poursuivre l'inclusion des marteloscopes, le n°5 notamment, dans les réseaux wallons, belges et européens de manière à partager ce dispositif et à le rendre accessible aux sylviculteurs et experts pour de l'enseignement et de la recherche.

Sur une autre note, il était question d'établir un marteloscope sur un type de gestion encore plus ambitieux pour la Forêt de Soignes : la futaie régulière de chêne sessile dite « chênaie cathédrale » se basant sur les structures observables dans la forêt française de Tronçais, en Allier. Les recherches effectuées lors de mon stage en automne 2019 n'avaient pas permis de trouver un site propice à l'installation d'un tel dispositif, car les peuplements visés par ce type de gestion étaient soit trop jeunes, soit trop petits pour accueillir un marteloscope. Il peut toujours être intéressant de chercher un site qui pourrait convenir quand les peuplements suivant ce type de gestion seront plus évolués et que le besoin de formation sera plus grand.

7. PERSPECTIVE TECHNIQUE

7.1 SCÉNARIO DE PRÉLÈVEMENT

En considérant l'accroissement calculé précédemment pour chacun des marteloscope (soit 6 et 8 m²/ha par 8 ans) on peut imaginer un programme comprenant l'effort de prélèvement à fournir lors des prochains passages en rotation, pour parvenir aux densités optimales dans chacun des dispositifs. En considérant également que, comme proposer par Baar (2010a), on prélève l'accroissement lors des rotations et une fraction du surplus aux mi-rotations jusqu'à atteindre une densité optimale, on obtient les tableaux suivants :

Rotation	SI	r	R	r	R	r	R	r	R
Année	2019	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Gha avant martelage	30	32,25	31	28	26	23	21	18	21
Gha prélevée	-	4,25	6	5	6	5	6	-	6
Gha après martelage	30	28	25	23	20	18	15	18	15

Tableau 6 : Scénario de coupe dans le marteloscope n°4 (SI : Situation Initiale ; R : Rotation ; r : mi-rotation)

Rotation	SI	R	r	R	r	R	r	R	r	R
Année	2019	2021	2025	2029	2033	2037	2041	2045	2049	2053
Gha av. martelage	41	44	40	37,5	33,5	31	27	24,5	20,5	18
Gha prélevée	-	8	6,5	8	6,5	8	6,5	8	6,5	8
Gha ap. martelage	41	36	33,5	29,5	27	23	20,5	16,5	14	10

Tableau 7 : Scénario de coupe dans le marteloscope n°5 (SI : Situation Initiale ; R : Rotation ; r : mi-rotation)

Dans le tableau 6, le surplus à la prochaine rotation (en 2026), selon l'accroissement calculé, sera de 14,25 m²/ha (32,25-21) ce surplus pourra être réparti sur les trois prochaines mi-rotations.

Pour le marteloscope du Caporal (Tableau 7), le surplus sera de 26 m²/ha (44-18) en 2021, étant donné la valeur élevée, on préconisera sans doute d'étaler ces prélèvements dans les 4 prochaines mi-rotations.

Avec ces paramètres, une densité optimale peut être obtenue au bout de 20 et 30 ans d'année avec un effort soutenu. Ensuite, cette densité pourrait être maintenue en récoltant l'accroissement des peuplements à chaque rotation.

7.2 DÉSIGNATION DES ARBRES OBJECTIF

Dans le cadre de sa gestion, le service forestier bruxellois travaille avec le principe d'arbre objectif. Selon Baar (2010b), pour le peuplement du Tambour, une hêtraie irrégulière, la densité idéale d'arbres objectif est de 3 à 5 AO pour 10 ares, tous les 15-20 m. La même densité est souhaitable dans une chênaie mélangée, mais le mélange d'espèces donne également la possibilité de désigner comme arbres objectif des essences à plus courte révolution² à raison de maximum 20 arbres supplémentaires par hectare, avec une distance d'environ 6 m avec les arbres principaux.

Par ailleurs, la superposition des strates dans ce type de peuplement permet de désigner des arbres objectif proches d'arbres matures pour autant que leurs exploitations se fassent suffisamment tôt pour ne pas gêner la croissance de l'AO comme illustré dans la figure 37.

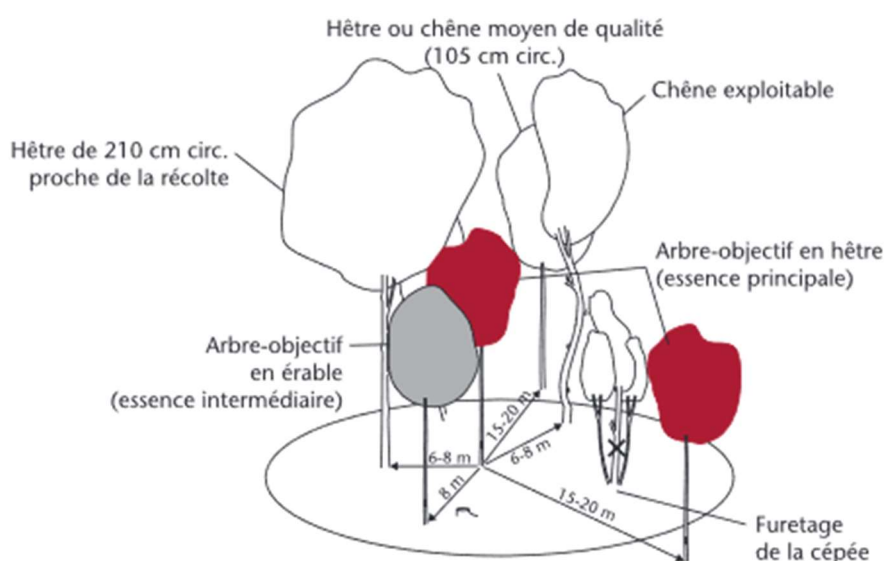


Figure 37 : Distances entre les arbres-objectif et le reste du peuplement dans des plages irrégulières par pied

Avec les plus grands sujets présents dans la régénération se trouvant aux alentours de 5 à 6 mètres de haut, on peut espérer en désigner certains comme arbres objectif d'ici 15 à 20 ans. Mais plus précisément : quand le fut est exempt de branche sur 25-30% de sa hauteur, mais avant qu'il n'ait atteint 100-120 cm de circonférence. (Baar, 2010b)

² Par exemple : l'érable, le frêne, le merisier, le bouleau, le sorbier des oiseaux, le mélèze ou le douglas (*Pseudotsuga menziesii*). (Baar, 2010b)

Cependant, il n'est pas impossible de travailler dès à présent dans ces zones de régénération pour favoriser les super-dominants et les tiges sortant du lot pour les mettre en évidence.

7.3 NON-INTERVENTION

Pour souligner l'importance de cette gestion sur de tels peuplements, il est sans doute important de rappeler ce qu'une absence de gestion apporterait.

Au niveau de l'écosystème forestier au sens large, l'absence d'intervention mènerait le peuplement à des valeurs de surface terrière ne permettant pas d'installer une régénération naturelle en sous-bois, ou seulement sur les zones affectées par les chablis.

Pour le marteloscope du Tambour, étant donné la répartition quasi-équienne de ses bois, on observerait un effondrement de sa structure par le dépérissement simultané des nombreux gros bois et très gros bois. Celui-ci serait accéléré par la création de chablis dans les trouées nouvellement créées et profitant de l'instabilité du hêtre sur les sols soniens. Ces successions d'évènements ne permettraient pas d'établir une diversité de structure suffisant au niveau horizontal et vertical. Également, avec cet effondrement, la volonté de conserver un couvert continu ne serait pas rencontrée et le microclimat associé ne serait pas présent pour limiter l'évaporation de l'eau du sol lors des périodes de forte chaleur que le réchauffement climatique nous amène.

Dans le contexte du marteloscope n°5, avec une plus grande diversité d'essence et une stabilité plus prononcée, le site pourrait conserver un couvert continu, mais n'arrivera sans doute pas à établir une diversification de sa structure verticale.

Dans les deux cas, la forte densité ne permettrait pas l'installation de la flore caractéristique propre à l'habitat.

L'ensemble de ces étapes ne permettrait pas d'atteindre les objectifs de gestion sylvicole, mais également les objectifs fixés par l'arrêté de désignation Natura 2000 de la ZSC 1 repris dans le nouveau plan de gestion tel que : « *une plus grande diversité de structure horizontale et verticale* », « *le développement de strate arbustive et herbacée* » et « *une structure en mosaïque avec un mélange intime de classes d'âge et d'essences* » (Vaes, Reinbold, Engelbeen, Van Der Wijden, & Vanwijnsberghe, 2019).

8. CONCLUSION

Les premiers symptômes du réchauffement climatique alliés aux déboires de la sylviculture monospécifique équienne ont fait et font encore bouger le monde forestier belge et européen. De ces problèmes est née la volonté d'améliorer l'état des écosystèmes forestier de manière à les rendre plus résilients aux menaces présentes et futures et pour garantir la pérennité de nos bois et forêts.

La futaie irrégulière répond à ces attentes que ce soit en Wallonie, en Forêt de Soignes ou dans de nombreux de pays européens. En Belgique, les surfaces vouées à ce type de gestion augmentent et la volonté n'est pas à la baisse.

Le marteloscope est un outil puissant pour la transmission de connaissances, encore plus dans le cadre de gestion prenant en compte de multiples facteurs comme la futaie irrégulière. Comme n'importe quel outil, il doit être utilisé avec soin et exploité dans toute sa complexité pour être le plus rentable possible.

Les exercices de martelage réalisés dans le massif bruxellois ont montré que les agents sont sur la bonne voie pour mener à bien la conversion vers la futaie irrégulière. Il sera encore nécessaire de revenir sur ces sites pour finaliser et entretenir l'affutage du marteau des forestiers.

9. BIBLIOGRAPHIE

- Alderweireld, M., Burnay, F., Pitchugin, M. et Lecomte, L. (2015). *Inventaire Forestier Wallon Résultats 1994 - 2012*. Jambes: SPW, DGO3, DNF, Direction des Ressources forestières.
- Baar, F. (2010a). *Le Martelage en Futaie irrégulière feuillue ou résineuse*. Jambes: DGO3-DGARNE, SPW.
- Baar, F. (2010b). *Synthèse de réflexions sur la sylviculture d'arbres objectifs en peuplement irrégulier ou équienné, mélangée ou non*. Jambes: DGO3-DGARNE, SPW. Consulté le 13 août 2020, sur <https://librairie.foretnature.be/images/stories/AutresDocuments/SyntheseArbresObjectif.pdf>
- Bachelet, F. (2002). Typologie des peuplements forestiers feuillus du plateau lorrain. 50. Consulté le 15 juillet 2020, sur https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/26674/document/Exercice_1_Amenagement_Foret_de_Flavigny/Typo_plateau_lorrain.pdf?cidReq=26674
- Baudry, O., Charmetant, C. et Ponette, Q. (2010, juillet-août). Le climat lumineux en forêt et quelques outils d'estimation. *Forêt Wallonne*(107), pp. 42-54.
- Boucher, D., De Grandpré, L. et Gauthier, S. (2003, Mars/Avril). Développement d'un outil de classification de la structure des peuplements et comparaison de deux territoires de la pessière à mousses du Québec. *The Forestry Chronicle*, pp. 318-328. doi:10.5558/tfc79318-2
- Bruciamacchie, M. (2018, 25 avril). *Martelosopes as learning and teaching tools for managing forests sustainably*. Consulté le 25 mars 2020, sur Informar: https://informar.eu/sites/default/files/pdf/4_20180425_Martelo_M-Bruciamacchie.pdf
- Bruciamacchie, M. (s.d.). Martéloscope, Notice Explicative. 22. (F. W. asbl, Éd.)
- Brunin, E., & Arnal, D. (2012). Quelle plus-value pour des bois vendus façonnés ? Exercice de comparaison entre le prix des bois sur pieds et bord de route. *Forêt - Wallone*, pp. 51-60. Consulté le 15 mai 2020, sur [https://www.foretwallonne.be/images/stories/pdf/folder/fw117_51-60\[comparaisonPrix\].pdf](https://www.foretwallonne.be/images/stories/pdf/folder/fw117_51-60[comparaisonPrix].pdf)
- Brunin, E., Heyninck, C. et Arnal, D. (2012). *Carnet d'assistance pour l'évaluation des bois sur pieds et abattus*. Forêt Wallone asbl.
- Castex, É. (s.d.). Présentation de la S.I.C.P.N. par Éric Castex. 10. Consulté le 5 août 2020, sur Pijoul's: <https://www.pijouls.com/blog/wp-content/uploads/2014/11/Pr%c3%a9sentation-de-la-SICPN.pdf>
- CDAF-IBGE. (2007). *Avenant à la convention hêtre cathédrale*.

- Cordonnier, T., Tran-Ha, M., Piat, J. et François, D. (2007). La surface terrière, méthodes de mesure et intérêts. (O. N. Forêts, Éd.) *Rendez-vous technique*(18), p. 84. Consulté le 22 août 2020, sur <https://docplayer.fr/6387857-Rendez-vous-techniques.html>
- CRPF - Limousin. (2011, mars 28). La futaie irrégulière - généralités. 6. Consulté le 13 juillet 2020, sur Forêt parc de mille vaches - Parc du Morvan: <http://forets.parcdemillevaches.parcumorvan.org/wp-content/uploads/2014/09/sylviculture-irreguliere-limousin1.pdf>
- de Turckheim, B. (2006, Novembre/Décembre). La sylviculture irrégulière continue et proche de la nature (SICPN), un moyen d'améliorer la rentabilité des forêts. *Forêt Wallonne*(85), pp. 19-26. Consulté le 5 août 2020, sur https://prosilva.fr/files/brochures/brochure_FortWallonne85%20Turckheim.pdf
- den Ouden, J. (2016, Janvier). *Marteloscoopen – studiemateriaal voor de praktijk*. Consulté le 25 mars 2020, sur Wageningen University & research: <https://edepot.wur.nl/369462>
- European Forest Institute. (s.d.). *Integrate+ Marteloskope : Kalibrierung waldbaulicher Entscheidungen*. Consulté le 14 juillet 2020, sur Integrate+: http://www.integrateplus.org/uploads/images/Mediacenter/Booklet_I+_General_Final_DE.pdf
- Forêt et bois : bilan et approche prospective. (2019). Office National des Forêts.
- Forêt Nature. (s.d.). *Projet Interreg CooRenSy*. Consulté le 27 juillet 2020, sur Forêt Nature: <https://www.foretwallonne.be/projets/coorensy>
- Forst betrieb Region Aarau. (s.d.). *Marteloskop Unterentfelden*. Consulté le 14 juillet 2020, sur Forst betrieb Region Aarau: <https://www.forst-aarau.ch/marteloskop>
- FUSAGx. (2007). *Étude portant sur la mise en place d'inventaires permanents du patrimoine forestier de la Région Bruxelles-Capitale – Guide méthodologique pour la collecte, l'encodage et le traitement des données d'inventaire*.
- Giada, L. (2016). Un martelloscopio per pinete di Pinus nigra. 47. Firenze: [Thèse de licence, Università degli studi Firenze]. Récupéré sur <https://www.selpibio.eu/download/category/19-tesi-selpibio.html?download=44:tesi-giada-lazzerini>
- Gineste, M. (2010). Martéloscope : développement d'une interface pédagogique pour un public non spécialisé. AgroParisTech Engref. Consulté le 10 août 2020, sur https://infodoc.agroparistech.fr/doc_num.php?explnum_id=3482
- HAMMER Project. (2014). Guide line of the marteloscope methodology. Consulté le 6 août 2020, sur <http://www.hammer-project.eu/wp-content/uploads/2016/07/Marteloscope-methodology-guideline-ENG.pdf>

- Hammer Project. (s.d.). *Projet Hammer*. Consulté le 5 août 2020, sur Hammer project: <http://www.hammer-project.eu/wp-content/uploads/2016/07/FOREXPO-presentation-FR.pdf>
- Integrate+. (s.d.). *About*. Consulté le 24 juillet 2020, sur Integrate+: <http://www.integrateplus.org/home.html>
- Jego, P., Maire, L., Cordal, J., Garrido, R., Petit, S., pesce, G., & Vanamo, A. (2017, Janvier-Mars). *www.hammer-project.eu : une plateforme pour l'apprentissage du martelage à travers l'Europe. Forêt Nature, 142*, pp. 12-13.
- Kraus, D., Büttler, R., Frumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A. et Winter, S (2016). Catalogue des dendromicrohabitats – Liste de référence pour les inventaires de terrain. 16. Integrate+ Document technique 13. Récupéré sur http://www.integrateplus.org/uploads/media-center/catalogues/Catalogue_Tree-Microhabitats_Final_FR.pdf
- Kraus, D., Büttler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A. et Winter, S. (2016). Smart phone application: Catalogue of tree microhabitats - field reference list. App contents derived from: Catalogue of tree microhabitats - field reference list. Integrate+ Technical Paper No. 13. 16 p. European Forest Institute (2016).
- La forêt irrégulière école. (2019). Consulté le 22 août 2020, sur <http://docplayer.fr/114367946-La-foret-irreguliere-ecole.html>
- Larousse. (s.d.). *Néologisme*. Consulté le 25 août 2020, sur Larousse: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/n%C3%A9ologisme/54201>
- Office Économique Wallon du Bois. (2019). *PanoraBois Wallonie Édition 2019*. Marche-en-Famenne: Office économique wallon du bois.
- Office National des Forêts. (2009, 5 janvier). *Travaux forestiers - En futaie irrégulière*. Consulté le 8 juillet 2020, sur Office National des Forêts: http://www1.onf.fr/lire_voir_ecouter/++oid++e49/@@display_media.html
- Office National des Forêts. (s.d.). *La gestion de la forêt : jeux de rôle*. Consulté le 25 juin 2020, sur Festival Nature Ain: <https://festival-nature-ain.fr/portfolio-posts/office-national-des-forets/>
- Parc Naturel Régional du Pilat. (s.d.). *Martelloscope du Pilat*. Consulté le 25 juin 2020, sur Parc Naturel Pilat: <https://www.parc-naturel-pilat.fr/nos-actions/foret/martelloscope-du-pilat/>
- Petit, S., Sanchez, C. et Bruciamacchie, M. (2014, septembre/octobre). Les Martélosopes : des outils de dialogue pour la gestion forestière. *Forêt-Wallone*(132), pp. 40-49.

- Pro Sylva. (s.d.). *Pro sylva*. Consulté le 5 août 2020, sur Pro sylva: <https://www.prosilva.org/>
- Sante, B. (2019, Octobre - décembre). Martloscope de Vecmont : Le bilan avant l'éclaircie réelle. *Forêt Nature*(153), pp. 72 - 75.
- Schuck, A., Kraus, D., Krumm, F., Held, A. et Schmitt, H. (2015). Integrate+ Martelosscopes – Calibrating silvicultural decision making. Integrate+ Technical Paper No. 1. 12 p.
- Schuck, A., Krumm, F. et Kraus, D. (2015). Integrate+ Martelosscopes -Description of parameters and assessment procedures. Integrate+ Technical Paper. (18), 16. Consulté le 6 août 2020, sur http://www.integrateplus.org/uploads/Files/publications%20updated/20170113_Marteloscope_Methodology_Final.pdf
- Silva Numerica. (2020). *Silva Numerica*. Consulté le 14 septembre 2020, sur Silva Numerica: <https://silvanumerica.net/le-projet/>
- Smith, D., Larson, B., Kelty, M. et Ashton, P. (1997). *The practice of silviculture : applied forest ecology* (éd. 9ème édition). New York: JohnWiley & Sons.
- Soucy, M. (2014, Mars). Protocole d'installation des martelosscopes "Horseback". 17. Faculté de Foresterie - Université de Moucton, Campus d'Edmundstion. doi:10.13140/RG.2.2.32063.92326
- Soucy, M., Adégbidi, H. G., Spinelli, R. et Béland, M. (2016). Increasing the effectiveness of knowledge transfer activities and training of the forestry workforce with martelosscopes. *The Forestry Chronicle*, 92(4), pp. 418-427.
- UNESCO. (s.d.). *Forêts primaires et anciennes de hêtres des Carpates et d'autres régions d'Europe*. Consulté le 23 juillet 2020, sur UNESCO: <https://whc.unesco.org/fr/list/1133/>
- Universidad de Valladolid. (s.d.). *Un bosque de números*. Consulté le 25 mars 2020, sur iuFOR Gestion Forestal Sostenible: <http://sostenible.palencia.uva.es/content/un-bosque-de-numeros>
- Urbis. (s.d.). *Service de visualisation de données Urbis*. Récupéré sur <http://geoservices-urbis.irisnet.be/geoserver/ows?version%3D1.1.1>
- Vaes, F., Reinbold, G., Engelbeen, M., Van Der Wijden, B. et Vanwijnsberghe, S. (2019). *Plan de gestion de la Forêt de Soignes bruxelloise : Livre II - Objectifs et mesures de gestion*. Bruxelles: Bruxelles Environnement.
- van Egmond, J.-R. et Schot, D. (2014, 4 juin). *Marteloscope op het Kroondomein*. Consulté le 25 mars 2020, sur Docplayer: <http://docplayer.nl/60550780-Marteloscope-op-het-kroondomein.html>

Vanwijnsberghe, S. (2003, avril). *Plan de gestion de la Forêt de Soignes partie de Bruxelles-Capitale*. (D. E. IBGE, Éd.) Consulté le 6 juillet 2020, sur Bruxelles Environnement Documents:
https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Plan%20gestion%20Foret%20Soignes%202003%20FR

Vanwijnsberghe, S., Reinbold, G., Vaes, F., Engelbeen, M., Van Der Wijden, B., Beck, O., Rotsaert, G. et Do, U. (2019, 4 avril). *Plan de gestion de la Forêt de Soignes bruxelloise : Livre I - État des connaissances*. Consulté le 6 juillet 2020, sur Bruxelles Environnement:
https://app.bruxellesenvironnement.be/multimedia/plan-gestion-foret-soignes/Livre_I_20190404_EtatConnaissances_FR.pdf

10. ANNEXES

10.1 CODE DES MICRO-HABITATS DU PROGRAMME COORENSY

2. Descriptions des arbres et données initiales

Marteloscope de Vecmont

2.3. Notation écologique d'un arbre

Légende, importance du critère écologique :

- : indifférent ; 1 : faible ; 2 : moyenne ; 3 : forte ; 4 : indispensable.

■ Tableau 3. Notation écologique d'un arbre.

	Code		Code		Code	Naturaliste	Chiroptères	Avifaune	Entomologie
Arbre mort sur pied	100	Individu mort sur pied (tronc, chandelle, volis)	110	Gros diamètre (diamètre > 30 cm)	111	4	3	4	4
				Faible diamètre (diamètre < 30 cm)	112	2	2	2	2
		Complément : présence du squelette du houppier	120		120	1	1	1	1,5
		Complément : présence de champignons lignicoles	130	Moins de 3 carpophores	131	0,5	-	-	1
				Au moins 3 carpophores	132	1,5	-	-	2
		Complément : présence d'écorce	140	Écorce sur la moitié du tronc au moins	141	1,5	-	2	2
Écorce sur la moitié du tronc au plus (déhiscente)	142			1,5	1,5	1	1,5		
Arbre dépérissant	200	Individu dépérissant à maintenir pour laisser pourrir sur pied (« futur intéressant »)	210		210	4	3	3	4
		Individu champignonné	220		220	4	2	-	4
		Individu creux	230		230	3	4	4	4
Arbre vivant	300	Individu présentant une ou plusieurs branches mortes, cassées ou dépérissantes (longueur de branche > 1 m)	310	Moins de 3 branches mortes de gros diamètre (diam ≥ 10 cm)	311	2	2	2	1,5
				Au moins 3 branches mortes de gros diamètre	312	3	3	3	1,5
				Moins de 3 branches mortes de faible diamètre (diamètre de 5 à 10 cm)	313	2	1	1	1
				Au moins 3 branches mortes de faible diamètre	314	3	2	1	1
		Individu mal conformé	320	Individu fourchu, jumelles	321	3	-	-	1
				Individu massif, bas branchu, sinueux, tortueux	322	3	-	2	-
		Individu ayant une cavité ou un trou de pic (sur tronc, branches)	330	En hauteur	331	3	4	4	3
				Au pied (blessure, empatement)	332	1	3	1	2
				En dessous d'une branche sèche	333	3	4	4	2
				Série de trous de pic superposés	334	4	4	4	3
				En formation	335	2	3	2	2
		Individu ayant une ou plusieurs fentes dans le tronc (fissures, décollements de l'écorce). Si cicatrisé, ne pas en tenir compte	340	En hauteur, assez longue (≥ 1 m)	341	3	4	-	2,5
				En hauteur, relativement courte	343	4	3	-	2,5
				Proche du sol, assez longue (≥ 1 m)	345	1	3	-	2
				Proche du sol, relativement courte	347	3	2	-	2
				En formation	349	2	3	-	2
		Individu présentant une ou plusieurs blessures mal cicatrisées (bois apparent)	350	Sur le tronc	351	2	2	-	3
				Au pied	352	1	1	-	1

					Code	Code	Naturaliste	Chiroptères	Avifaune	Entomologue
Arbre vivant		Individu à maintenir en fonction de sa position au sein du peuplement	360	Individu en lisière ou en bordure d'un chemin ou d'un cloisonnement	361	3	2	2	2	
				Individu situé à proximité de bois mort au sol (rôle de couvert)	362	1	-	-	3	
		Maintien d'un arbre en fonction de l'essence	370	Individu à maintenir pour augmenter la diversité en espèce autochtone	371	4	-	4	3	
				Individu à maintenir pour augmenter la part des feuillus	372	4	3	4	-	
		Autres critères	380	Individu de grosse dimension* ou constituant un gros bois en devenir	381	4	-	4	-	
				Individu à maintenir pour améliorer la structuration du peuplement	382	3	-	3	3	
			390	Présence de lierre couvrant une partie du tronc	391	2	-	2	1	
	Présence de lierre couvrant le tronc et/ou une partie des branches	392		3	-	3	3			
	Présence de mousse ou lichen en quantité importante	393		1	-	1	2			

* Cas général : $C_{130} > 220$ cm. Cas des essences n'atteignant jamais de très grosses dimensions (poirier, pommier, sorbier...) : $C_{130} > 140$ cm.

Issu de l'étude PNR Vosges du Nord & PRO SILVA FRANCE : Quantification du coût d'une gestion écologique – 2003.

10.2 SCRIPT PYTHON DE CRÉATION DU MAILLAGE DE REPÉRAGE DES MARTELOSCOPE POUR QGIS

```
from math import *

#fonction de rotation autour d'un point
def rotate(origin, point, angle):

    ox, oy = origin
    px, py = point
    qx = ox + cos(angle) * (px - ox) - sin(angle) * (py - oy)
    qy = oy + sin(angle) * (px - ox) + cos(angle) * (py - oy)
    return qx, qy

layer = QgsVectorLayer('Point?crs=epsg:31370', 'Jalons' , 'memory')

print( "Creating "+ layer.name() )

layer.dataProvider().addAttributes( [ QgsField("Nom", QVariant.String) ] )
# Update attribute table with new field
layer.updateFields()

layer.updateExtents()

QgsProject.instance().addMapLayer(layer)

#L'origine
origin = ( 152030, 164670 )

#nombre de point en x et y
size = (6,6)

#espace entre les points et angle
spacing = 20.0
angle = radians( -65 )

alphabet = "ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ"

sizeX ,sizeY = size
originX , originY = origin

#provider nécessaire
prov = layer.dataProvider()
layer.startEditing()
#boucle de création de la grille de point
for x in range(0, sizeX):
    for y in range( 0, sizeY ):

        #creation puis rotation des coordonnées
        px, py = rotate(origin, ( originX + (x * spacing) ,originY + (y * spacing)),
angle )
        #création du point
        newpoint = QgsPointXY(px, py )
        newpoint.name = alphabet[x] + "{}".format(y+1)
        print( newpoint.name)

        #AJOUTER NAME/ID EN TANT QU'ATTRIBUT?
```

```

    feat = QgsFeature()
    feat.name = newpoint.name
    feat.setGeometry(QgsGeometry.fromPointXY(newpoint))

    feat.setFields(layer.fields())
    feat["Nom"] = newpoint.name

    prov.addFeatures([feat])
    layer.getFeatures()
    prov.changeAttributeValues( {feat.id() : { 1:newpoint.name }})

features=layer.getFeatures()

#for f in features:
#    id=f.id()
#    attr_value={1:"ntm"}
#    prov.changeAttributeValues({id:attr_value})
layer.commitChanges()

```

10.3 SCRIPT PYTHON DE LOCALISATION DES ARBRES DES MARTELOSCOPES POUR

QGIS

```
from math import *

layer = QgsVectorLayer('Point?crs=epsg:31370', 'Mart4' , 'memory')
print( "Creating "+ layer.name() )
layer.dataProvider().addAttributes( [ QgsField("Numero", QVariant.String) ] )
layer.dataProvider().addAttributes( [ QgsField("Essence", QVariant.String) ] )
layer.dataProvider().addAttributes( [ QgsField("C150", QVariant.String) ] )
#layer.dataProvider().addAttributes( [ QgsField("nouveau champ", QVariant.String) ]
)
layer.updateFields()
layer.updateExtents()
QgsProject.instance().addMapLayer(layer)

#CHANGER ('Jalon') POUR UNE NOUVELLE GRILLE DE JALONS
layer_Jalons = QgsProject.instance().mapLayersByName('Jalons')[0]

#CHANGER ('Marteloscope4') POUR UN NOUVEAU DATASET
layer_Data = QgsProject.instance().mapLayersByName('Marteloscope4')[0]

datafeatures = layer_Data.getFeatures()

prov = layer.dataProvider()
layer.startEditing()

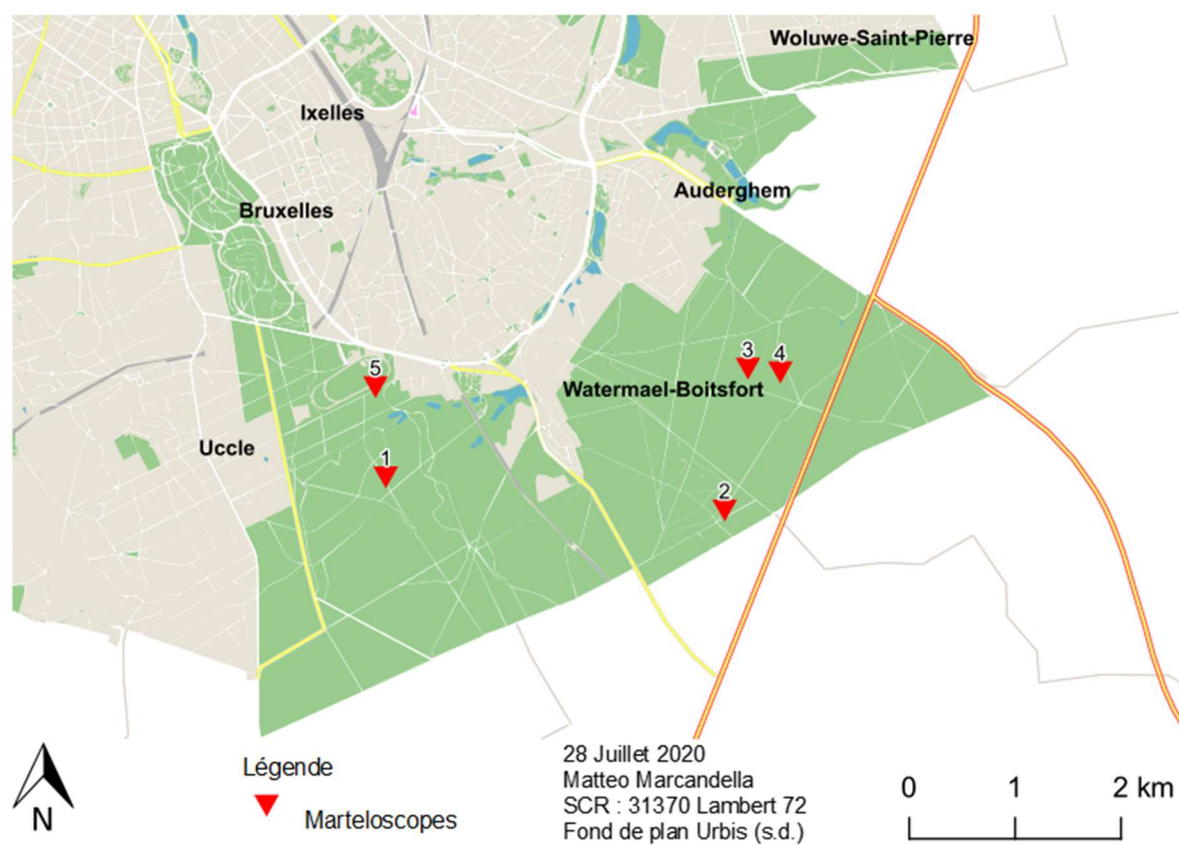
for f in datafeatures:
    jalonRef = f["Jalon"]
    print( jalonRef)

    jalon = NULL
    for j in layer_Jalons.getFeatures():
        if j["Nom"] == jalonRef:
            jalon = j
            break
    pass

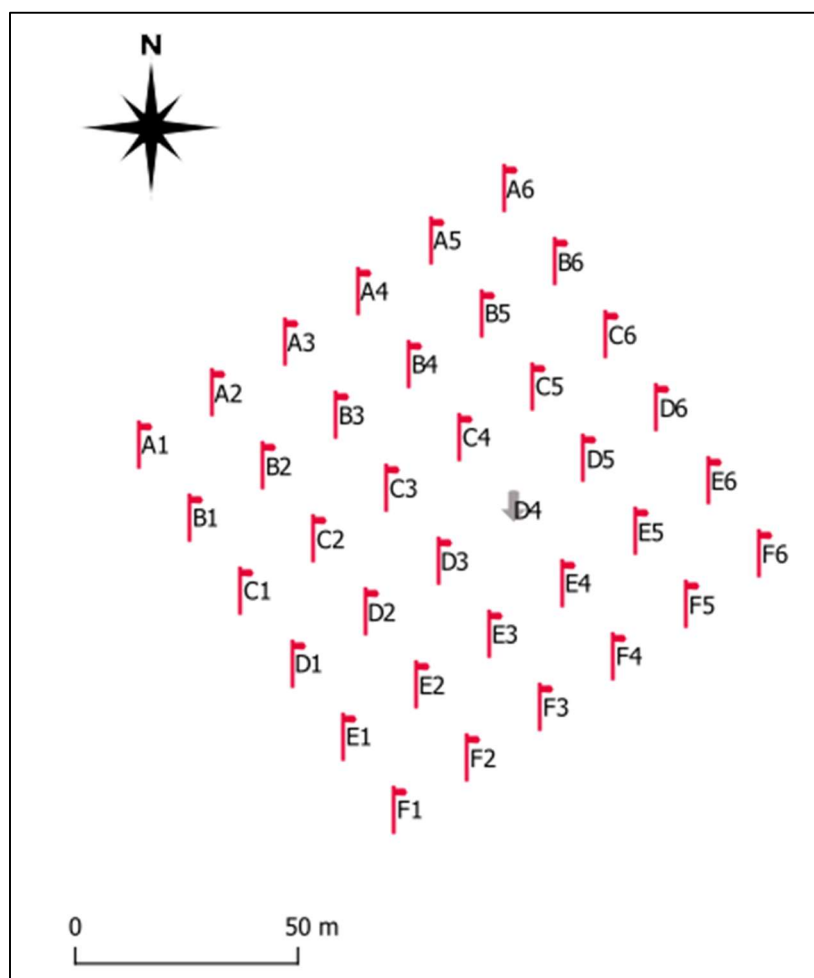
    if jalon == NULL :
        pass
    geoPoint = jalon.geometry().asPoint()
    dist = f["Distance"]
    azimuth = f["Azimut"]+90

    newpos = (geoPoint.x() - (cos( radians( azimuth )) * dist), geoPoint.y() +
(sin( radians( azimuth )) * dist))
    print( newpos )
    px, py = newpos
    newpoint = QgsPointXY(px, py )
    feat = QgsFeature()
    feat.setGeometry(QgsGeometry.fromPointXY(newpoint))
    feat.setFields(layer.fields())
    feat["Numero"] = f["Numero"]
    feat["Essence"] = f["Essence"]
    feat["C150"] = f["C150"]
    #feat["nouveau champ"] = f["nouveau champ"]
    prov.addFeatures([feat])
    layer.commitChanges()
```


10.4 LOCALISATION DES MARTELOSCOPE EN FORÊT DE SOIGNES



10.5 MAILLAGE DU MARTELOSCOPE N°5



10.6 INVENTAIRE DES BOIS MORTS SUR LE MARTELOSCOPE DU TAMBOUR

x	y	id	Longueur	Azimut	D1/2	Volume
155873,4532	164783,2259	1	15	280	30	1,06
155877,6743	164788,3834	2	18	280	25	0,884
155880,65	164802,8785	3	12	85	50	2,356
155889,3814	164815,1263	5	15	285	35	1,443
155912,1182	164816,3145	6	12	280	20	0,377
155915,1369	164790,8177	4	12	45	50	2,356
155946,3011	164799,5316	7	8	180	15	0,141
155946,9155	164785,0852	8	30	20	80	15,08
155936,0298	164765,6965	9	15	215	40	1,885
155950,2978	164738,1383	10	10	265	25	0,491
155956,2088	164744,9108	11	7	280	50	1,374
155964,4836	164761,8537	12	12	10	30	0,848
155948,7574	164722,9517	13	12	355	20	0,377
155946,3825	164706,7387	14	40	15	65	13,273

10.8 INVENTAIRE DE LA RÉGÉNÉRATION SUR LE MARTELOSCOPE DU TAMBOUR

N°	x	y	Présence	Origine	Sp. principale	Recouvrement	Classe	HMax (cm)	LoAp 1	LoAp 2	LoAp 3	LoAp 4	LoAp 5	$\bar{x}$	Ni	r(m)	D(ind./m²)	Note
1	155895	164829	1	n	HE	25-50	3	30	12	18	15			15,00	8	1	2,55	
2	155907	164825,6	1	n	HE	25-50	3	20	8	12	15	9		11,00	10	1	3,18	
3	155919	164822,1	1	n	HE	50-75	4	145	25	35	16	18	35	25,80	50	1	15,92	
4	155931	164818,7	1	n et a	HE et CP	75-100	5	95	15	7	30	10		15,50	17	1	5,41	Cellule de CP abrouit et déperissant
5	155943,1	164815,2	1	n	HE et CA	75-100	5	170	45	40	54	23	46	41,60	12	1	3,82	Présence d'une tige de CA
6	155955,1	164811,8	1	n	HE	75-100	5	500	ND	ND	ND	ND	ND		26	1	8,28	
7	155967,1	164808,3	1	n	HE	75-100	5	280	35	50	32	38	41	39,20	28	1	8,91	<i>Prunus serotina</i>
8	155979,1	164804,9	1	a	UM	*	+	85	3					3,00	3	5	0,04	Cellule d'Um déperissant
9	155891,6	164817	1	n	HE	75-100	5	35	14	11	17	15		14,25	94	1	29,92	
10	155903,6	164813,5	1	n	HE	50-75	4	20	8	5	15			9,33	25	1	7,96	
11	155915,6	164810,1	1	n	HE et CP	5 à 25	2	90	31	20	22	22	20	23,00	24	1	7,64	
12	155927,6	164806,6	1	n	HE	<5	1	200	52	49	30			43,67	3	2	0,24	
13	155939,6	164803,2	1	n	HE	25-50	3	400	65	41	75			60,33	14	2	1,11	
14	155951,6	164799,8	1	n	HE	50-75	4	185	34	27	40	47	31	35,80	13	1	4,14	
15	155963,6	164796,3	1	n	HE	50-75	4	300	43	40	45	41	38	41,40	25	1	7,96	
16	155975,7	164792,9	1	n	HE	25-50	3	40	10	8	7	6	14	9,00	24	1	7,64	
17	155888,1	164805	1	n	HE	50-75	4	235	73	20	26			39,67	5	1	1,59	
18	155900,1	164801,5	1	n	HE	50-75	4	240	50	50	15	28	43	37,20	22	1	7,00	
19	155912,1	164798,1	1	n	HE	<5	1	45	15	6	10			10,33	10	1	3,18	
20	155924,2	164794,6	1	n	CP	75-100	5	8	2	7				5,67	13	2	1,03	
21	155936,2	164791,2	1	n	HE, ES et CP	<5	1	15							22	1	7,00	
22	155948,2	164787,7	1	n	HE	50-75	4	450	47	60	45	45	57	50,80	14	1,5	1,98	
23	155960,2	164784,3	1	n	HE	75-100	5	190	24	33	30	19	35	28,20	39	1	12,41	

N°	x	y	Présence	Origine	Sp. principale	Recouvrement	Classe	HMax (cm)	LoAp 1	LoAp 2	LoAp 3	LoAp 4	LoAp 5	$\bar{x}$	Ni	r(m)	D(ind./m²)	Note
24	155972,2	164780,9	1	n	HE	75-100	5	270	25	26	28	36	35	30,00	30	1	9,55	
25	155884,7	164793	1	n	HE	75-100	5	450	75	50	60	54	55	58,80	7	1	2,23	
26	155896,7	164789,5	1	n	HE	5 à 25	2	180	34	37	22	27	39	31,80	18	2	1,43	
27	155908,7	164786,1	1	n	HE	<5	1	80	25	9	10			14,67	21	2	1,67	
28	155920,7	164782,6	1	n	HE	25-50	3	170	44	48	46	40	38	43,20	40	2	3,18	
29	155932,7	164779,2	1	n	HE	50-75	4	120	35	33	37	20	24	29,80	22	1	7,00	
30	155944,7	164775,7	0				0											
31	155956,8	164772,3	1	n	HE	50-75	4	280	44	41	42	38	41	41,20	11	1	3,50	
32	155968,8	164768,8	1	n	HE	*	+											
33	155881,2	164780,9	1	n	HE	*	+											
34	155893,2	164777,5	1	n	CP et HE	75-100	5	30	17	9	8			11,33	54	1	17,19	
35	155905,2	164774	1	n	CP et HE	25-50	3	20	13	3	7			7,67	23	1	7,32	
36	155917,3	164770,6	1	n	HE	5 à 25	2	25	13	7	6			8,67	14	1	4,46	
37	155929,3	164767,2	1	n	HE	5 à 25	2	30	13	16	7	8	4	9,60	13	1	4,14	
38	155941,3	164763,7	1	n	HE	75-100	5	400	34	68	50	46	62	52,00	70	1	22,28	
39	155953,3	164760,3	1	n	HE	75-100	5	550	ND	ND	ND	ND	ND		5	1	1,59	
40	155965,3	164756,8	1	n	HE	25-50	3	270	50	35	40	25	40	38,00	10	2	0,80	
41	155877,8	164768,9	1	n	HE	*	+											
42	155889,8	164765,5	1	n	HE et CP	*	+											
43	155901,8	164762	1	n	HE	*	+											
44	155913,8	164758,6	1	n	HE	*	+											
45	155925,8	164755,1	1	n	HE	50-75	4	105	18	12	16	19		16,25	31	1	9,87	
46	155937,9	164751,7	1	n	HE	*	+											
47	155949,9	164748,2	1	n	HE	75-100	5	550							7	1	2,23	
48	155961,9	164744,8	1	n	HE	5 à 25	2	100	39	20	22	41		30,50	5	1	1,59	
49	155874,3	164756,9	1	n	HE	*	+											
50	155886,3	164753,5	1	n	HE	*	+											

N°	x	y	Présence	Origine	Sp. principale	Recouvrement	Classe	HMax (cm)	LoAp 1	LoAp 2	LoAp 3	LoAp 4	LoAp 5	$\bar{x}$	Ni	r(m)	D(ind./m²)	Note
51	155898,4	164750	0				0											
52	155910,4	164746,6	0				0											
53	155922,4	164743,1	0				0											
54	155934,4	164739,7	0				0											
55	155946,4	164736,2	0				0											
56	155958,4	164732,8	0				0											
57	155870,9	164744,9	1	n	HE	5 à 25	2	15							22	1	7,00	
58	155882,9	164741,4	0				0											
59	155894,9	164738	0				0											
60	155906,9	164734,6	0				0											
61	155918,9	164731,1	0				0											
62	155931	164727,7	0				0											
63	155943	164724,2	1	n	he et cp	*	+											
64	155955	164720,8	1	n	he et cp	*	+											

10.9 INVENTAIRE MARTELOSCOPE N°4 « DU TAMBOUR » 2019

N°	Essence	Jalon	Azimut (°)	Distance (m)	C150 (cm)	H (m)	A (m)	B (m)	C (m)	D/IT (m)	BdC (m)*3	Note	g150 (m²)
1	Hêtre	E1	66	7	148	34	0	0	16	0	18		0,17
2	Hêtre	E1	21	12	222	38	0	0	16	0	22		0,39
3	Hêtre	E1	74	13	214	40	0	16	0	0	24		0,36
4	Hêtre	E2	325	11	193	36	0	8	8	0	20		0,30
5	Hêtre	E2	344	15	235	39	0	3	11	2	23		0,44
6	Hêtre	E2	34	4	217	37	0	16	0	0	21		0,37
7	Hêtre	E2	46	13	142	35	0	9	2	1	23		0,16
8	Hêtre	D2	154	10,5	235	40	0	10	6	0	24		0,44
9	Hêtre	D2	109	9	215	40	0	3	13	0	24		0,37
10	Hêtre	D2	132	3	182	38	7	7	0	2	22		0,26
11	Hêtre	D2	285	13	229	38	0	0	16	0	22		0,42
12	Hêtre	D1	153	6	198	35	0	0	16	0	19		0,31
13	Hêtre	D1	109	6	45	12	0	0	8	0	4		0,02
14	Hêtre	D1	16	4	243	40	0	0	13	3	24		0,47
15	Hêtre	C1	195	17	277	41	0	6	6	4	25		0,61
16	Hêtre	D2	324	11	60	17	0	0	0	0	17		0,03
17	Hêtre	D2	3	7,5	62	24	0	0	0	0	24		0,03
18	Hêtre	D2	21	6,5	250	40	0	0	16	0	24		0,50
19	Hêtre	D2	38	7,5	54	17	0	0	0	0	17		0,02
20	Hêtre	D2	341	14	69	27	0	0	0	0	27		0,04
21	Chêne péd.	D2	337	17	152	35	0	3	12	0	20		0,18
22	Hêtre	C1	150	12	92	28	0	0	0	0	28		0,07
23	Hêtre	C1	168	8	67	21	0	0	0	0	21		0,04
24	Chêne péd.	C2	258	7	191	41	0	5	11	0	25		0,29
25	Hêtre	C2	110	5	60	21	0	0	0	0	21		0,03
26	Hêtre	C2	11	4	195	36	0	0	16	0	20		0,30
27	Hêtre	C2	38	11	186	39	0	0	16	0	23		0,28
28	Hêtre	C2	22	8	65	20	0	0	16	0	4		0,03
29	Hêtre	C2	4	11	174	40	0	4	12	0	24		0,24
30	Hêtre	C2	308	9	111	34	0	0	6	10	18		0,10
31	Hêtre	C1	10	6	66	22	0	0	0	0	22		0,03
32	Hêtre	C1	13	14	231	39,5	0	0	16	0	24		0,42
33	Hêtre	B1	132	4	273	39	0	6	10	0	23		0,59
34	Hêtre	B1	103	8	74	16	0	0	0	0	16		0,04
35	Hêtre	B2	244	11	202	38	12	0	4	0	22		0,32
36	Hêtre	B2	196	10	45	13	0	0	0	0	13		0,02
37	Hêtre	B2	192	9	222	37	0	6	10	0	21		0,39
38	Hêtre	B2	144	11	81	9	0	0	0	0	9		0,05
39	Hêtre	B2	252	2	201	38	0	10	6	0	22		0,32
40	Hêtre	B2	106	12,5	61	21	0	0	0	0	21		0,03

³ Bois de chauffage

N°	Essence	Jalon	Azimet (°)	Distance (m)	C150 (cm)	H (m)	A (m)	B (m)	C (m)	D/IT (m)	BdC (m)*3	Note	g150 (m²)
41	Hêtre	B2	78	7,5	91	33	0	0	0	0	33		0,07
42	Chêne péd.	B2	56	15,5	164	34	0	0	10	2	22		0,21
43	Hêtre	B2	319	6,5	272	41	0	16	0	0	25		0,59
44	Hêtre	B2	319	7,5	48	10	0	0	0	0	10		0,02
45	Hêtre	B2	338	14	45	13	0	0	0	0	13		0,02
46	Hêtre	B1	38,5	12,5	261	39	5	0	11	0	23		0,54
47	Hêtre	A1	172	3,5	203	35	0	0	16	0	19		0,33
48	Hêtre	A1	128	11,5	130	38	0	5	11	0	22		0,13
49	Mélèze	A2	255	7,5	149	16	0	16	0	0	0		0,18
50	Hêtre	A2	219	11	46	25	0	0	0	0	25		0,02
51	Hêtre	A2	188	10	267	37	5	3	8	0	21		0,57
52	Hêtre	A2	165	13,5	74	25	0	0	0	0	25		0,04
53	Hêtre	A2	170	9	47	16	0	0	0	0	16		0,02
54	Mélèze	A2	115	12,5	185	38	0	0	16	0	22		0,27
55	Hêtre	A3	208	7	81	21	0	0	0	0	21		0,05
56	Hêtre	A3	218	13,5	134	30	0	12	4	0	14		0,14
57	Hêtre	A3	115	8	60	14	0	0	0	0	14		0,03
58	Hêtre	A3	126	10	88	22	0	0	0	0	22		0,06
59	Hêtre	A3	161	11	70	18	0	0	0	0	18		0,04
60	Mélèze	A3	134	15	185	39	0	16	0	0	23		0,27
61	Hêtre	A3	165	17	105	34	0	0	0	10	24		0,09
62	Hêtre	A3	155	18	225	40	0	0	0	0	40		0,40
63	Chêne péd.	B3	120	16	143	31	0	12	4	0	15		0,16
64	Hêtre	B3	147	4	96	24	0	0	3	13	8		0,07
65	Chêne péd.	B3	213	3	228	41	0	0	14	2	25		0,41
66	Hêtre	B3	246	10	97	31	0	0	0	0	31		0,07
67	Chêne péd.	B3	225	12,5	165	34	0	0	13	3	18		0,22
68	Hêtre	B3	186	6	50	16	0	0	0	0	16		0,02
69	Hêtre	B3	170	11,5	92	32	0	0	6	10	16		0,07
70	Hêtre	C3	83	16	254	41	3	13	0	0	25		0,51
71	Hêtre	C3	140	9	279	41	0	3	13	0	25		0,62
72	Hêtre	C3	49	2	234	40	0	14	2	0	24		0,44
73	Hêtre	C3	257	4	282	39	0	16	0	0	23		0,63
74	Hêtre	C3	291	11,5	205	37	0	0	16	0	21		0,33
75	Hêtre	C3	243	16	44	9,4	0	0	0	0	9		0,02
76	Chêne péd.	C3	244	17,5	184	38	0	0	15	0	23		0,27
77	Hêtre	C3	249	16	81	29	0	0	0	0	29		0,05
78	Hêtre	C3	224	12,5	85	26	0	0	0	0	26		0,06
79	Hêtre	C3	175	13,5	62	17	0	0	0	0	17		0,03
80	Hêtre	D3	59	13	265	41	0	10	6	0	25		0,56
81	Hêtre	D3	27	10	56	16	0	0	0	0	16		0,02
82	Hêtre	D3	8	7	197	38	0	16	0	0	22		0,31
83	Hêtre	D3	310	10	249	39	0	0	16	0	23		0,49

N°	Essence	Jalon	Azimet (°)	Distance (m)	C150 (cm)	H (m)	A (m)	B (m)	C (m)	D/IT (m)	BdC (m)*3	Note	g150 (m²)
84	Hêtre	D3	99	14	56	17	0	0	0	0	17		0,02
85	Hêtre	D3	103	10	65	19	0	0	0	0	19		0,03
86	Hêtre	D3	143	17	209	36	0	12	4	0	20		0,35
87	Hêtre	D3	147	12	42	11	0	0	0	0	11		0,01
88	Hêtre	D3	159	13	131	35	0	0	10	6	19		0,14
89	Hêtre	D3	157	5	204	37	0	0	16	0	21		0,33
90	Hêtre	D3	185	6	164	36	0	0	8	0	28		0,21
91	Hêtre	D3	241	14,5	200	38	0	0	16	0	22		0,32
92	Hêtre	D3	243	18,5	47	13	0	0	0	0	13		0,02
93	Hêtre	E3	318	13,5	174	35	0	0	16	0	19		0,24
94	Hêtre	E3	295	15	215	35	0	0	16	0	19		0,37
95	Hêtre	D3	196	14,5	100	30	0	0	0	0	30		0,08
96	Hêtre	E3	18	4	227	41	0	0	16	0	25		0,41
97	Hêtre	E3	64	9	133	35	0	0	12	0	23		0,14
98	Hêtre	E4	349	7	200	36	0	0	14	0	22		0,32
99	Hêtre	E4	29	14	68	21	0	0	0	0	21		0,04
100	Hêtre	E4	52	11,5	65	19	0	0	0	0	19		0,03
101	Hêtre	E5	288	11 .(77)	NC		0	0	0	0		Chablis 02/2020	
102	Hêtre	E5	297	9,5	98	29	0	0	0	0	29	Chancreux	0,08
103	Chêne péd.	E5	315	11,5	162	29	0	2	14	0	13		0,21
104	Hêtre	E5	331	11	75	30	0	0	0	0	30		0,04
105	Chêne péd.	E5	2	8	205	32	0	0	16	0	16		0,33
106	Chêne péd.	E5	353	14,5	107	24	0	0	0	0	24	Mort	0,09
107	Hêtre	E5	345	20	122	32,5	0	0	16	0	17		0,12
108	Hêtre	E5	341	20	70	23	0	0	0	0	23		0,04
109	Hêtre	D4	140	10	255	43	3	7	6	0	27		0,52
110	Hêtre	D4	245	8	43	8	0	0	0	0	8		0,01
111	Hêtre	D4	273	5	257	38,5	0	0	16	0	23		0,53
112	Hêtre	D4	354	3	84	24	0	0	0	0	24		0,06
113	Hêtre	D4	7	10	151	34	0	0	7	9	18		0,18
114	Hêtre	D5	292	13,5	98	28	0	0	0	0	28		0,08
115	Hêtre	D5	260	5	173	36,5	0	6	9	0	22		0,24
116	Hêtre	D5	335	3	67	24	0	0	0	0	24		0,04
117	Hêtre	D5	327	14	100	11	0	0	0	0	11	Mort	0,08
118	Hêtre	D4	23	17	142	38,5	0	0	14	0	25		0,16
119	Hêtre	C4	107	11,5	115	22	0	0	16	0	6		0,11
120	Hêtre	C4	101	14	252	37	0	13	3	0	21		0,51
121	Hêtre	C4	65	4	268	40	0	0	16	0	24		0,57
122	Hêtre	C5	340	7	223	41	0	0	16	0	25		0,40
123	Hêtre	B5	245	8	244	41	0	0	16	0	25		0,47
124	Hêtre	B5	260	14	232	35	0	0	16	0	19		0,43
125	Hêtre	B4	173	12,5	104	28	0	0	16	0	12		0,09
126	Chêne péd.	B4	183	10,5	148	33	0	0	0	16	17		0,17

N°	Essence	Jalon	Azimut (°)	Distance (m)	C150 (cm)	H (m)	A (m)	B (m)	C (m)	D/IT (m)	BdC (m)*3	Note	g150 (m²)
127	Hêtre	B4	180	7	65	18	0	0	0	0	18		0,03
128	Hêtre	B4	90	11,5	240	35	0	0	16	0	19		0,46
129	Hêtre	B5	358	7	303	42	0	0	16	0	26		0,73
130	Hêtre	B5	344	10	53	11	0	0	0	0	11		0,02
131	Hêtre	B4	55	12	88	23	0	0	0	0	23		0,06
132	Hêtre	B4	344	10	47	12	0	0	0	0	12		0,02
133	Hêtre	B4	343	10	83	21	0	0	0	0	21		0,05
134	Hêtre	B5	340	17	76	15	0	0	0	0	15		0,05
135	Hêtre	A5	267	15	231	40	0	0	16	0	24		0,42
136	Hêtre	B4	33	13,5	96	23	0	0	0	0	23		0,07
137	Hêtre	B4	343	13	254	38	0	0	16	0	22		0,51

10.10 INVENTAIRE MARTELOSCOPE N°5 « DU CAPORAL » 2019

N°	Essence	Jalon	Azimut	Distance	C150-A	C150-B	C150-C	C150-D	g150	Note
1	Prunus avium	A6	221	1,5	96				0,07	
2	Prunus avium	A6	164	5	93				0,07	
3	Prunus avium	A6	181	8	120				0,11	
4	Carpinus betulus	B6	275	8,5	72				0,04	
5	Quercus sp.	B6	279	5,5	200				0,32	
6	Carpinus betulus	B6	224	1,5	64				0,03	
7	Carpinus betulus	B6	215	4,5	95				0,07	
8	Quercus sp.	B6	152	8,5	302				0,73	
9	Prunus avium	B6	179	11,5	82				0,05	
10	Betula pendula	C6	279	7,5	118				0,11	
11	Acer pseudoplatanus	C6	239	2	101	58	52		0,13	
12	Carpinus betulus	C6	238	2,5	42				0,01	
13	Carpinus betulus	C6	183	5,5	55	50			0,04	
14	Quercus sp.	D6	311	6,5	241				0,46	
15	Prunus avium	D6	236	4	201				0,32	
16	Carpinus betulus	D6	139	6	72				0,04	
17	Carpinus betulus	D6	167	6,5	72				0,04	
18	Prunus avium	D6	148	9	112	107	81		0,24	
19	Quercus rubra	D6	178	14	237	202			0,77	
20	Carpinus betulus	D6	145	11	41				0,01	
21	Carpinus betulus	E6	250	2	53				0,02	
22	Acer pseudoplatanus	E6	233	8	56	54			0,05	
23	Carpinus betulus	E6	193	5	50	49			0,04	
24	Castanea sativa	E6	163	10	172	169			0,46	
25	Castanea sativa	F6	295	3	118				0,11	
26	Acer pseudoplatanus	F6	278	13,5	81				0,05	
27	Acer platanoides	F6	255	10,5	65				0,03	
28	Carpinus betulus	F6	237	10	85				0,06	
29	Quercus sp.	F5	318	7	335				0,89	
30	Carpinus betulus	F5	296	5	42				0,01	
31	Castanea sativa	F5	287	7	70				0,04	
32	Carpinus betulus	E5	130	4	41				0,01	
33	Castanea sativa	E5	155	2	55	50			0,04	
34	Castanea sativa	E5	43	2	177				0,25	
35	Acer platanoides	E5	56	8	80				0,05	
36	Carpinus betulus	E5	0	6	67				0,04	
37	Carpinus betulus	E5	356	7,5	64				0,03	
38	Acer platanoides	E5	317	8	107				0,09	
39	Acer pseudoplatanus	D5	101	9	107				0,09	
40	Carpinus betulus	D5	105	3	42				0,01	
41	Carpinus betulus	D5	69	7	83	42			0,07	
42	Quercus sp.	D5	351	3,5	237				0,45	

N°	Essence	Jalon	Azimet	Distance	C150-A	C150-B	C150-C	C150-D	g150	Note
43	Carpinus betulus	D5	24	8,5	66				0,03	
44	Carpinus betulus	D5	40	12	48				0,02	
45	Carpinus betulus	D5	40	12,5	45				0,02	
46	Betula pendula	D5	6	11	75				0,04	
47	Acer pseudoplatanus	C5	120	9	121				0,12	
48	Carpinus betulus	C5	81	13	61				0,03	
49	Acer pseudoplatanus	C5	58	11	99				0,08	
50	Carpinus betulus	D5	297	6	52				0,02	
51	Carpinus betulus	C5	58	12,5	65				0,03	
52	Carpinus betulus	C5	122	5	82				0,05	
53	Carpinus betulus	B5	80	15	76	52			0,07	
54	Carpinus betulus	C5	80	4,5	71				0,04	
55	Quercus sp.	B5	59	8	358				1,02	
56	Carpinus betulus	B5	32	4	70				0,04	
57	Acer pseudoplatanus	B5	31	6	68				0,04	
58	Castanea sativa	B5	19	9,5	153				0,19	
59	Carpinus betulus	C5	344	8	107				0,09	
60	Castanea sativa	B5	345	8,5	181				0,26	
61	Prunus avium	A5	56	7	52				0,02	
62	Castanea sativa	A5	46	3	91	72			0,11	
63	Castanea sativa	A5	38	3,5	97				0,07	
64	Acer pseudoplatanus	A5	30	7,5	160				0,20	
65	Prunus avium	A5	228	9,5	157				0,20	
66	Castanea sativa	A4	71	2	194	137	96	51	0,54	
67	Carpinus betulus	A5	195	2,5	68				0,04	
68	Carpinus betulus	A4	137	6	56				0,02	
69	Carpinus betulus	A5	148	8,5	50				0,02	
70	Acer pseudoplatanus	A5	157	9,5	110	98			0,17	
71	Castanea sativa	A4	101	12,5	149	116			0,28	
72	Prunus avium	B5	281	8	159				0,20	
73	Carpinus betulus	B4	78	8	115				0,11	
74	Carpinus betulus	B5	247	5	100				0,08	
75	Acer pseudoplatanus	B4	133	3	150				0,18	
76	Carpinus betulus	B5	200	10	102				0,08	
77	Prunus avium	B4	97	10	112				0,10	
78	Prunus avium	B4	161	6,5	62				0,03	
79	Betula pendula	B4	175	9	179					Chablis tempête
80	Carpinus betulus	C5	256	12	54				0,02	N° à peindre
81	Carpinus betulus	C4	339	6,5	90	80	58		0,14	
82	Carpinus betulus	C5	256	11,5	78				0,05	
83	Carpinus betulus	C5	258	8	90	57			0,09	
84	Carpinus betulus	C5	281	3,5	87				0,06	
85	Carpinus betulus	C4	68	8	126				0,13	
86	Acer pseudoplatanus	C4	102	2,5	139				0,15	

N°	Essence	Jalon	Azimet	Distance	C150-A	C150-B	C150-C	C150-D	g150	Note
87	Acer pseudoplatanus	D5	287	13	139				0,15	
88	Carpinus betulus	C4	106	5,5	57	45			0,04	
89	Carpinus betulus	C4	122	6,5	62				0,03	
90	Quercus sp.	D5	253	8,5	303				0,73	
91	Carpinus betulus	D5	260	9,5	50				0,02	
92	Acer pseudoplatanus	D4	334	8	51				0,02	
93	Carpinus betulus	D4	52	9	63				0,03	
94	Quercus sp.	D4	80	8,5	273				0,59	
95	Carpinus betulus	D4	98	7,5	54				0,02	
96	Carpinus betulus	D5	228	2,5	59				0,03	
97	Acer pseudoplatanus	D5	202	2	56				0,02	
98	Carpinus betulus	D5	174	4,5	48				0,02	
99	Castanea sativa	E4	146	3	97				0,07	
100	Carpinus betulus	E5	283	8	59				0,03	
101	Carpinus betulus	E5	280	12,5	69				0,04	
102	Carpinus betulus	E5	273	5	57				0,03	
103	Carpinus betulus	E5	222	2,5	65				0,03	
104	Quercus sp.	E5	198	10	355				1,00	
105	Acer pseudoplatanus	E4	90	9	57				0,03	
106	Carpinus betulus	E4	93	6	73				0,04	
107	Castanea sativa	F4	333	7,5	159				0,20	
108	Carpinus betulus	F4	15	9,5	89	61			0,09	
109	Castanea sativa	F4	26	13,5	139				0,15	
110	Castanea sativa	F4	4	5	63				0,03	
111	Quercus sp.	F4	291	6	260				0,54	
112	Carpinus betulus	F4	272	6,5	50				0,02	
113	Acer platanoides	F4	247	10,5	77				0,05	
114	Castanea sativa	F3	40	5	194				0,30	
115	Carpinus betulus	F3	2	8,5	68				0,04	
116	Carpinus betulus	F3	350	10	55				0,02	
117	Carpinus betulus	E3	124	8	99				0,08	
118	Quercus sp.	E3	83	145	260				0,54	
119	Carpinus betulus	E4	258	3,5	82				0,05	
120	Castanea sativa	E3	46	9,5	137				0,15	
121	Castanea sativa	E4	282	9,5	159	142	142	98	0,60	
122	Carpinus betulus	E3	358	8,5	90				0,06	
123	Castanea sativa	D4	202	7,5	161	145			0,37	
124	Castanea sativa	D4	203	9	110				0,10	
125	Acer pseudoplatanus	D3	96	3	67				0,04	
126	Quercus sp.	D4	239	8	315				0,79	
127	Carpinus betulus	D4	235	5	52				0,02	
128	Acer platanoides	D4	292	4	110				0,10	
129	Castanea sativa	D4	306	9	132				0,14	
130	Acer platanoides	D4	287	13,5	77	56	51	40	0,11	

N°	Essence	Jalon	Azimet	Distance	C150-A	C150-B	C150-C	C150-D	g150	Note
131	Castanea sativa	D4	270	15,5	241				0,46	
132	Carpinus betulus	C4	198	13,5	47				0,02	
133	Juglans cinerea	C3	128	5	200				0,32	
134	Castanea sativa	C3	108	2	118				0,11	
135	Carpinus betulus	C3	21	3	112				0,10	
136	Robinia pseudoacacia	C4	312	5	145				0,17	
137	Carpinus betulus	C4	283	15	125				0,12	
138	Castanea sativa	C3	323	6	127				0,13	
139	Acer pseudoplatanus	B4	250	6	93				0,07	
140	Acer pseudoplatanus	B4	254	13,5	150	117	92		0,36	
141	Acer pseudoplatanus	A3	116	11	140				0,16	
142	Carpinus betulus	A3	134	6,5	73				0,04	
143	Castanea sativa	A3	91	4	244	164	133		0,83	
144	Prunus avium	A4	201	6	98				0,08	
145	Carpinus betulus	A4	167	7,5	76	60	56	55	0,12	
146	Prunus avium	A4	164	6	207				0,34	
147	Populus x canescens	A4	232	3,5	225				0,40	
148	Carpinus betulus	A3	226	9	92				0,07	
149	Carpinus betulus	A3	219	9	51				0,02	
150	Quercus sp.	A2	120	7,5	301				0,72	
151	Carpinus betulus	A2	150	4,5	66	59			0,06	
152	Acer pseudoplatanus	A2	145	8	83				0,05	
153	Carpinus betulus	A3	202	11,5	85				0,06	
154	Castanea sativa	A3	180	10,5	136	97			0,22	
155	Carpinus betulus	B3	286	10,5	76				0,05	
156	Carpinus betulus	B3	296	6	129				0,13	
157	Carpinus betulus	B3	275	8	52				0,02	
158	Carpinus betulus	B2	322	8	67				0,04	
159	Carpinus betulus	B2	353	7	53				0,02	
160	Castanea sativa	B2	32	5,5	122				0,12	
161	Castanea sativa	B2	320	0,5	93				0,07	
162	Quercus sp.	B2	116	6	326				0,85	
163	Acer pseudoplatanus	B2	65	5,5	70				0,04	
164	Carpinus betulus	B3	210	9,5	70				0,04	
165	Castanea sativa	B3	195	13	168	144			0,39	
166	Carpinus betulus	C2	350	11,5	52	41			0,03	
167	Acer pseudoplatanus	C2	0	13	54				0,02	
168	Castanea sativa	B3	164	9	145	128			0,30	
169	Acer pseudoplatanus	B3	172	12	74				0,04	
170	Acer pseudoplatanus	B3	164	12,5	130				0,13	
171	Carpinus betulus	C2	45	7,5	99				0,08	
172	Castanea sativa	C2	47	1,5	105				0,09	
173	Acer pseudoplatanus	C3	220	7	93				0,07	
174	Castanea sativa	C3	200	5,5	96				0,07	

N°	Essence	Jalon	Azimet	Distance	C150-A	C150-B	C150-C	C150-D	g150	Note
175	Quercus sp.	C3	184	10	261				0,54	
176	Castanea sativa	C3	187	12	56				0,02	
177	Acer pseudoplatanus	D2	3	13	75				0,04	
178	Acer pseudoplatanus	D2	2	11	95				0,07	
179	Castanea sativa	D2	356	6,5	80				0,05	
180	Castanea sativa	D3	288	6	145				0,17	
181	Acer pseudoplatanus	D3	248	7,5	54				0,02	
182	Quercus sp.	D2	80	10	206				0,34	
183	Carpinus betulus	D2	75	6	63				0,03	
184	Quercus sp.	D2	118	7,5	273				0,59	
185	Fagus sylvatica	D2	136	5,5	53				0,02	
186	Acer pseudoplatanus	D3	171	8	117				0,11	
187	Acer pseudoplatanus	D3	177	15,5	119				0,11	
188	Quercus sp.	E3	296	3,5	356				1,01	
189	Castanea sativa	E3	237	3,5	105				0,09	
190	Quercus sp.	E3	231	10	258				0,53	
191	Castanea sativa	E3	236	12	121				0,12	
192	Carpinus betulus	E3	125	2	50				0,02	
193	Carpinus betulus	E3	198	8	57				0,03	
194	Acer pseudoplatanus	E3	191	8,5	60				0,03	
195	Fagus sylvatica	F2	335	7	109				0,09	
196	Carpinus betulus	F3	310	9	60				0,03	
197	Quercus sp.	F3	272	5,5	312				0,77	
198	Quercus sp.	F2	240	5	248				0,49	
199	NA								0,00	
200	Pinus sylvestris	F1	10	7	146				0,17	
201	Pinus sylvestris	F1	350	3,5	69				0,04	
202	Quercus sp.	F2	298	15	297				0,70	
203	Fagus sylvatica	F2	316	11,5	95				0,07	
204	Quercus sp.	E2	180	3,5	255				0,52	
205	Carpinus betulus	E2	277	2,5	74				0,04	
206	Sorbus aucuparia	E1	48	6,5	60				0,03	
207	Sorbus aucuparia	E1	55	3	55	47			0,04	
208	Sorbus aucuparia	E1	45	2	63				0,03	
209	Sorbus aucuparia	E1	5	5,5	51				0,02	
210	Sorbus aucuparia	E1	13	10,5	106				0,09	
211	Carpinus betulus	E2	327	7	97	65	60		0,14	
212	Quercus sp.	D2	187	9,5	206				0,34	
213	Sorbus aucuparia	D1	107	10	114				0,10	
214	Quercus sp.	D1	20	0,5	201				0,32	
215	Sorbus aucuparia	D1	355	2	61				0,03	
216	Carpinus betulus	D2	183	2	58				0,03	
217	Quercus sp.	D2	256	4	263				0,55	
218	Castanea sativa	D2	300	5	56				0,02	

N°	Essence	Jalon	Azimut	Distance	C150-A	C150-B	C150-C	C150-D	g150	Note
219	Carpinus betulus	D2	280	9	44				0,02	
220	Quercus sp.	C2	163	8,5	260				0,54	
221	Acer platanoides	C2	192	10,5	68				0,04	
222	Acer pseudoplatanus	C2	197	15,5	55	51			0,04	
223	Acer pseudoplatanus	C2	207	14,5	64				0,03	
224	Quercus sp.	C2	207	12	223				0,40	
225	Fagus sylvatica	C2	198	7,5	56				0,02	
226	Quercus sp.	C2	258	5	335				0,89	
227	Quercus sp.	C1	86	3	273				0,59	
228	Castanea sativa	C2	247	10,5	127				0,13	
229	Acer pseudoplatanus	C1	20	6	48				0,02	
230	Carpinus betulus	C1	2	11	92	50			0,09	
231	Carpinus betulus	B2	194	12	51				0,02	
232	Quercus sp.	B2	178	7,5	233				0,43	
233	Acer pseudoplatanus	C1	355	13,5	70				0,04	
234	Quercus sp.	B2	232	10	290				0,67	
235	Carpinus betulus	B1	133	4	130	59			0,16	
236	Acer pseudoplatanus	B1	68	3,5	85				0,06	
237	Castanea sativa	B1	50	6	120	86			0,17	
238	Fagus sylvatica	B1	10	7,5	126				0,13	
239	Quercus sp.	B1	327	10,5	70				0,04	
240	Quercus sp.	B1	2	13	274				0,60	
241	Carpinus betulus	B2	268	8	61				0,03	
242	Carpinus betulus	B2	282	12	76				0,05	
243	Quercus sp.	A1	110	6	47				0,02	

10.11 TABLEAU DE PRIX PAR ESSENCE ET CLASSE DE CIRCONFÉRENCE DE MARTIN WINNOCK (INVERDE)

netto prijs op stam (€/m³)	Grove den (<i>P. sylvestris</i>)				Corsicaanse den (<i>P. nigra</i> var. <i>corsicana</i>)				Inlandse eik (<i>Q. robur</i> + <i>Q.</i> <i>petraea</i>)				Berk (<i>B. pendula</i> + <i>B.</i> <i>pubescens</i>)				Andere
Omtrek (cm)	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A+B+C+D
30	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	10
40	15	15	15	12	15	15	15	12	15	15	15	12	15	15	15	12	10
50	15	15	15	12	15	15	15	12	17	17	17	15	15	15	15	12	20
60	17	17	17	15	17	17	17	15	17	17	17	15	17	17	17	15	20
70	17	17	17	15	17	17	17	15	20	20	20	15	17	17	17	15	20
80	20	20	20	15	20	20	20	15	20	20	20	15	20	20	20	15	30
90	35	35	20	15	35	35	20	15	50	30	25	15	35	35	20	15	30
100	35	35	20	15	35	35	20	15	50	30	25	15	35	35	20	15	30
110	40	40	30	15	40	40	30	15	80	40	30	15	50	40	20	15	30
120	40	40	30	15	45	45	30	15	120	60	40	15	50	45	25	15	80
130	50	40	30	15	55	45	35	15	120	60	40	15	50	45	25	15	80
140	60	40	30	15	65	45	35	15	160	90	45	15	50	45	25	15	80
150	80	50	30	15	90	55	35	15	160	90	45	15	80	50	25	15	80
160	80	50	30	15	90	55	35	15	220	120	55	15	80	50	30	15	80
170	80	50	30	15	90	55	35	15	280	170	70	15	100	50	35	15	80
180	80	60	30	15	90	65	35	15	300	220	70	30	100	50	35	15	80
190	100	60	30	15	110	65	35	15	350	270	80	30	100	50	35	15	80
200	120	60	30	15	135	65	35	15	500	320	120	30	100	50	35	15	80
210	150	80	30	15	165	90	35	15	540	340	130	50					80
220									560	360	140	50					
230									580	375	150	50					
240+									600	390	150	50					

dennenprijzen =
nattevingerwerk
cfr Geert
topprijs A-kwal >210 cm =
200€/m³ max
gemiddelde prijs op veiling
= 130-150, cfr voorbijs 20jr
Niedersachsen
exploitatie- en
transportkost naar veiling
(50€/m³) in rekening

cfr. Christine Sanchez:
prijzen cors ong. 10% >
P.sylv

eik
A-kwal >200cm:
 $y = (2,1416x + 139,17) - 50$
B-kwal >180c m:
 $y = (1,8119x - 41,478) - 50$
C-D-kwal: cfr houtpark VL
2019: prijs voor knoestige
bovenstammen (meeste was C
sommige D) en de kromme
gedraaide en met waterlot
bezette eikenstammen (C-D)
ging makkelijk boven de 200
Eur/m³

berk >205cm zo goed als
zeker rot van binnen, dus
waarde zakt
veilingprijs berk > 110-150
€/m³ uitzonderlijk
exploitatie- en
transportkost naar veiling
(50€/m³) in rekening

10.12 TABLEAU DES PRIX PAS ESSENCES ET CLASSE DE CIRCONFÉRENCE DU MARTELOSCOPE N°4

Net price on stem (€/m³)		Indigenous Oak (<i>Q. robur</i> + <i>Q. petraea</i>)					Common beech (<i>Fagus sylvatica</i>)											
Circumference	Approximate diameter	A	B	C	D	Circumference indifferent	A	B	C	D								
30	10	12	12	12	10	-	100	65	40	35								
40	13	15	15	15	12	Brunin, E., & Arnal, D. (2012, mars/avril). Quelle plus-value pour des bois vendus façonnés ? Exercice de comparaison entre les prix des bois sur pieds et bord de route. Forêt-Wallone asbl (117), 51-60.	Larch (<i>Larix decidua</i>) <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr><tr><td>55</td><td>55</td><td>45</td><td>45</td></tr></table> Fédération national des experts forestier A.S.B.L. (2020). Liste des prix moyens de bois sur pied (Printemps 2020). Consulté le Mai 04, 2020, sur Experts-Forestiers: http://www.experts-forestiers.be/Tableauprixbois.pdf				A	B	C	D	55	55	45	45
A	B	C	D															
55	55	45	45															
50	16	17	17	17	15													
60	19	17	17	17	15													
70	22	20	20	20	15													
80	25	20	20	20	15													
90	29	50	30	25	15													
100	32	50	30	25	15													
110	35	80	40	30	15													
120	38	120	60	40	15													
130	41	120	60	40	15													
140	45	160	90	45	15													
150	48	160	90	45	15													
160	51	220	120	55	15													
170	54	280	170	70	15													
180	57	300	220	70	30													
190	60	350	270	80	30													
200	64	500	320	120	30													
210	67	540	340	130	50													
220	70	560	360	140	50													
230	73	580	375	150	50													
240+	76+	600	390	150	50													
		From "houtprijzen-blesapp.xls" Martin Winnock Inverde 2019																

10.13 FICHE INTEGRATE+ DU MARTELOSCOPE N°4



Integrate Marteloscopes



Technical information

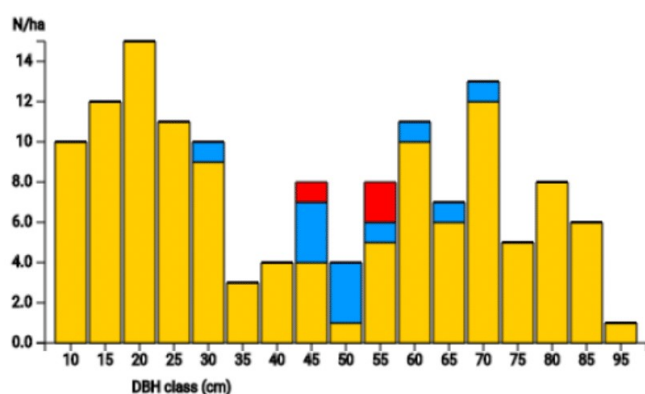
BE

Name: **Tambour**

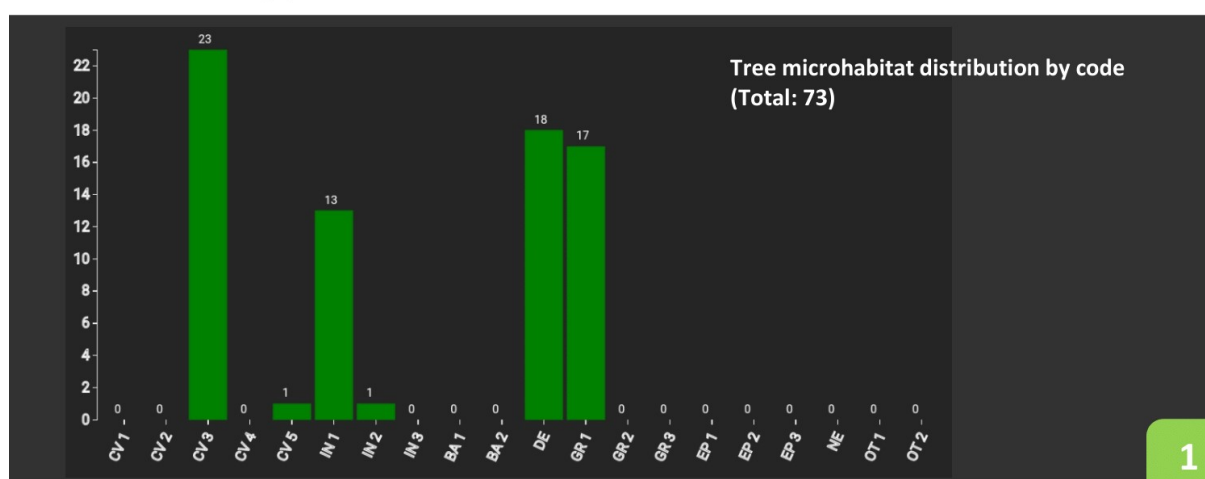
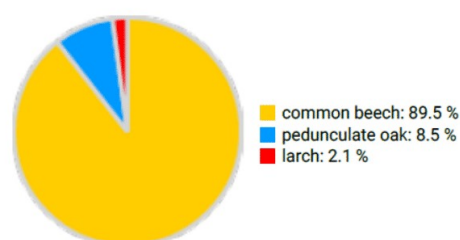
Forest type: **Beech mixed with oak and larch**

State/ Region	Owner	Establishment	Size
Belgium / Brussel Capital	Brussel-Capital Region	2019	1.0
Altitude [m.a.s.l.]	Mean annual precipitation [mm]	Mean annual temperature [°C]	Natural forest community
110	850	10.5	Milio-Fagetum
Number of trees [N/ha]	Basal area [m ² /ha]	Volume [m ³ /ha]	Habitat value [points/ha]
136	30.0	520.4	421

DBH distribution



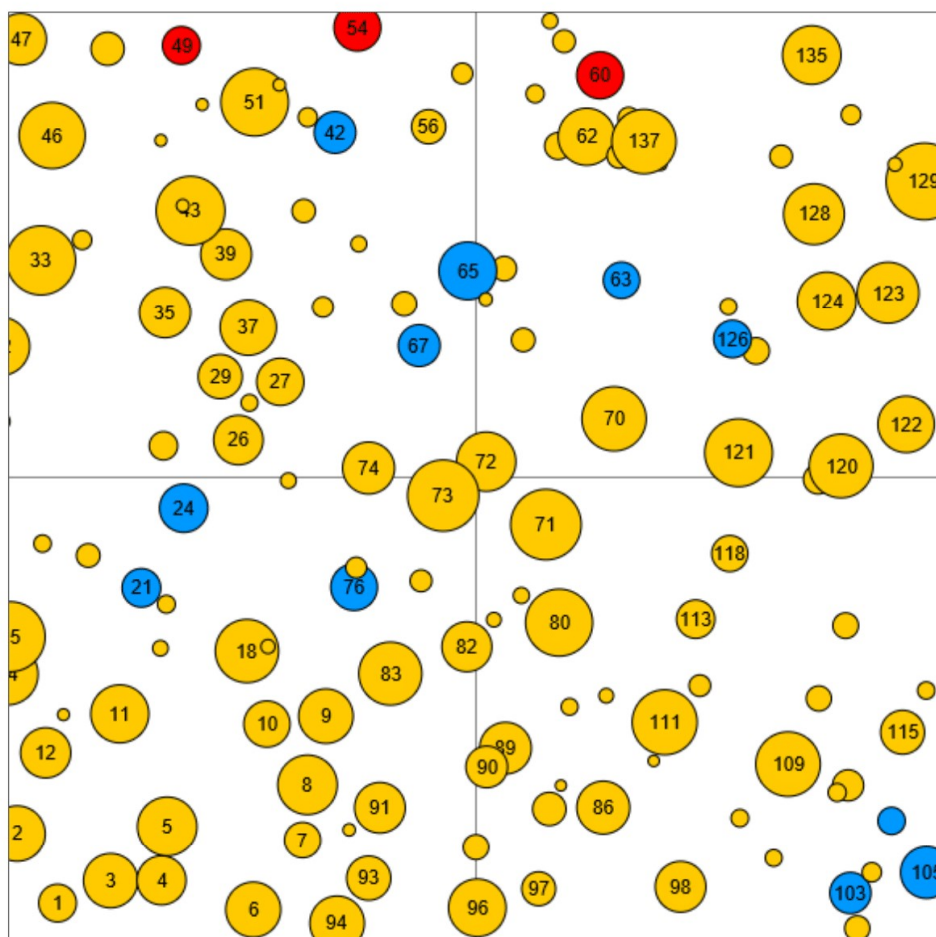
Tree species distribution (% Volume)



1

Tambour

Marteloscope map (1.0 ha):



Contact:

Martin De Bock

IBGE - Bruxelles Environnement

Avenue du Port 86C / 3000

1000 Bruxelles

mdebock@environnement.brussels

2



10.14 RAPPORT D'EXERCICE DU MARTELOSCOPE N°4

N°	Essence	C150	g150	MDB&KA	BS&EC	LS&TE	BA, OS & MP
1	Hêtre	148	0,17	AO	x	x	
2	Hêtre	222	0,39	AO	AH		
3	Hêtre	214	0,36	x			
4	Hêtre	193	0,30	x			
5	Hêtre	235	0,44	AO	x	x	
6	Hêtre	217	0,37				
7	Hêtre	142	0,16		x		
8	Hêtre	235	0,44				
9	Hêtre	215	0,37			x	
10	Hêtre	182	0,26				
11	Hêtre	229	0,42				
12	Hêtre	198	0,31	AO			
13	Hêtre	45	0,02				
14	Hêtre	243	0,47	x		x	
15	Hêtre	277	0,61	AO	AH		AH
16	Hêtre	60	0,03	x			
17	Hêtre	62	0,03				
18	Hêtre	250	0,50	x		x	x
19	Hêtre	54	0,02				
20	Hêtre	69	0,04	x			
21	Chêne péd.	152	0,18	AO			AO
22	Hêtre	92	0,07	AO			
23	Hêtre	67	0,04	AO			
24	Chêne péd.	191	0,29				AO
25	Hêtre	60	0,03				
26	Hêtre	195	0,30			x	
27	Hêtre	186	0,28				
28	Hêtre	65	0,03				
29	Hêtre	174	0,24				
30	Hêtre	111	0,10				
31	Hêtre	66	0,03				
32	Hêtre	231	0,42				
33	Hêtre	273	0,59		x	AH	AH
34	Hêtre	74	0,04				
35	Hêtre	202	0,32				
36	Hêtre	45	0,02				
37	Hêtre	222	0,39				
38	Hêtre	81	0,05				
39	Hêtre	201	0,32			AH	
40	Hêtre	61	0,03			x	
41	Hêtre	91	0,07				
42	Chêne péd.	164	0,21				AO

N°	Essence	C150	g150	MDB&KA	BS&EC	LS&TE	BA, OS & MP
43	Hêtre	272	0,59		AH		AH
44	Hêtre	48	0,02				
45	Hêtre	45	0,02				
46	Hêtre	261	0,54			x	
47	Hêtre	203	0,33		x		
48	Hêtre	130	0,13				
49	Mélèze	149	0,18				AO
50	Hêtre	46	0,02				
51	Hêtre	267	0,57			x	x
52	Hêtre	74	0,04				
53	Hêtre	47	0,02				
54	Mélèze	185	0,27				AO
55	Hêtre	81	0,05				
56	Hêtre	134	0,14				
57	Hêtre	60	0,03	x			
58	Hêtre	88	0,06				
59	Hêtre	70	0,04				
60	Mélèze	185	0,27				
61	Hêtre	105	0,09				
62	Hêtre	225	0,40				
63	Chêne péd.	143	0,16				AO
64	Hêtre	96	0,07				
65	Chêne péd.	228	0,41	AO			AO
66	Hêtre	97	0,07			x	
67	Chêne péd.	165	0,22		x		AO
68	Hêtre	50	0,02			x	
69	Hêtre	92	0,07				
70	Hêtre	254	0,51			x	x
71	Hêtre	279	0,62				AH
72	Hêtre	234	0,44				
73	Hêtre	282	0,63	x	AH		AH
74	Hêtre	205	0,33				
75	Hêtre	44	0,02	x			
76	Chêne péd.	184	0,27	AO			AO
77	Hêtre	81	0,05				
78	Hêtre	85	0,06				
79	Hêtre	62	0,03				
80	Hêtre	265	0,56		x		x
81	Hêtre	56	0,02				
82	Hêtre	197	0,31				
83	Hêtre	249	0,49	x		x	x
84	Hêtre	56	0,02				
85	Hêtre	65	0,03				
86	Hêtre	209	0,35				

N°	Essence	C150	g150	MDB&KA	BS&EC	LS&TE	BA, OS & MP
87	Hêtre	42	0,01				
88	Hêtre	131	0,14				
89	Hêtre	204	0,33				
90	Hêtre	164	0,21				
91	Hêtre	200	0,32				
92	Hêtre	47	0,02				
93	Hêtre	174	0,24				
94	Hêtre	215	0,37				
95	Hêtre	100	0,08				
96	Hêtre	227	0,41		x	x	
97	Hêtre	133	0,14				
98	Hêtre	200	0,32				
99	Hêtre	68	0,04				
100	Hêtre	65	0,03				
101	Hêtre		#####				
102	Hêtre	98	0,08				
103	Chêne péd.	162	0,21				AO
104	Hêtre	75	0,04				
105	Chêne péd.	205	0,33				AO
106	Chêne péd.	107	0,09	AH			AH
107	Hêtre	122	0,12				
108	Hêtre	70	0,04				
109	Hêtre	255	0,52	x	x		x
110	Hêtre	43	0,01				
111	Hêtre	257	0,53				
112	Hêtre	84	0,06				
113	Hêtre	151	0,18				
114	Hêtre	98	0,08				
115	Hêtre	173	0,24				
116	Hêtre	67	0,04				
117	Hêtre	100	0,08	AH			
118	Hêtre	142	0,16				
119	Hêtre	115	0,11			x	
120	Hêtre	252	0,51				x
121	Hêtre	268	0,57				
122	Hêtre	223	0,40				
123	Hêtre	244	0,47		x		x
124	Hêtre	232	0,43				x
125	Hêtre	104	0,09				
126	Chêne péd.	148	0,17			AH	AH
127	Hêtre	65	0,03				
128	Hêtre	240	0,46				
129	Hêtre	303	0,73		AH		AH
130	Hêtre	53	0,02				

N°	Essence	C150	g150	MDB&KA	BS&EC	LS&TE	BA, OS & MP
131	Hêtre	88	0,06				
132	Hêtre	47	0,02				
133	Hêtre	83	0,05				
134	Hêtre	76	0,05				
135	Hêtre	231	0,42				
136	Hêtre	96	0,07				
137	Hêtre	254	0,51	x	x	x	x

10.15 RAPPORT D'EXERCICE DU MARTELOSCOPE N°5

N°	Essence	g150	C150 théorique	BS	OS, BA & MP	MDB, KA &FVA	TE & LS
1	Prunus avium	0,07	96				
2	Prunus avium	0,07	93				
3	Prunus avium	0,11	120				
4	Carpinus betulus	0,04	72				
5	Quercus sp.	0,32	200				
6	Carpinus betulus	0,03	64				
7	Carpinus betulus	0,07	95				
8	Quercus sp.	0,73	302				
9	Prunus avium	0,05	82				
10	Betula pendula	0,11	118				
11	Acer pseudoplatanus	0,13	128				
12	Carpinus betulus	0,01	42				
13	Carpinus betulus	0,04	74				
14	Quercus sp.	0,46	241				
15	Prunus avium	0,32	201				x
16	Carpinus betulus	0,04	72				
17	Carpinus betulus	0,04	72				
18	Prunus avium	0,24	175				
19	Quercus rubra	0,77	311	x	x	x	x
20	Carpinus betulus	0,01	41				
21	Carpinus betulus	0,02	53				
22	Acer pseudoplatanus	0,05	78				
23	Carpinus betulus	0,04	70				
24	Castanea sativa	0,46	241	x	x	x	x
25	Castanea sativa	0,11	118				
26	Acer pseudoplatanus	0,05	81				
27	Acer platanoides	0,03	65				
28	Carpinus betulus	0,06	85				
29	Quercus sp.	0,89	335				
30	Carpinus betulus	0,01	42				
31	Castanea sativa	0,04	70				
32	Carpinus betulus	0,01	41				
33	Castanea sativa	0,04	74				
34	Castanea sativa	0,25	177			x	AO
35	Acer platanoides	0,05	80				
36	Carpinus betulus	0,04	67				
37	Carpinus betulus	0,03	64				
38	Acer platanoides	0,09	107				

N°	Essence	g150	C150 théorique	BS	OS, BA & MP	MDB, KA &FVA	TE & LS
39	Acer pseudoplatanus	0,09	107				
40	Carpinus betulus	0,01	42				
41	Carpinus betulus	0,07	93				
42	Quercus sp.	0,45	237				
43	Carpinus betulus	0,03	66				
44	Carpinus betulus	0,02	48				
45	Carpinus betulus	0,02	45				
46	Betula pendula	0,04	75				
47	Acer pseudoplatanus	0,12	121				
48	Carpinus betulus	0,03	61				
49	Acer pseudoplatanus	0,08	99				
50	Carpinus betulus	0,02	52				
51	Carpinus betulus	0,03	65				
52	Carpinus betulus	0,05	82				
53	Carpinus betulus	0,07	92				
54	Carpinus betulus	0,04	71				
55	Quercus sp.	1,02	358				AH
56	Carpinus betulus	0,04	70				
57	Acer pseudoplatanus	0,04	68				
58	Castanea sativa	0,19	153			x	x
59	Carpinus betulus	0,09	107				
60	Castanea sativa	0,26	181	x	x	x	
61	Prunus avium	0,02	52				
62	Castanea sativa	0,11	116				x
63	Castanea sativa	0,07	97				x
64	Acer pseudoplatanus	0,20	160				
65	Prunus avium	0,20	157	AO			AO
66	Castanea sativa	0,54	261	x	x	x	x
67	Carpinus betulus	0,04	68				
68	Carpinus betulus	0,02	56				
69	Carpinus betulus	0,02	50				
70	Acer pseudoplatanus	0,17	147				
71	Castanea sativa	0,28	189				
72	Prunus avium	0,20	159				
73	Carpinus betulus	0,11	115				
74	Carpinus betulus	0,08	100				
75	Acer pseudoplatanus	0,18	150			x	
76	Carpinus betulus	0,08	102				

N°	Essence	g150	C150 théorique	BS	OS, BA & MP	MDB, KA &FVA	TE & LS
77	Prunus avium	0,10	112				
78	Prunus avium	0,03	62				
79	Betula pendula	0,25	179			x	
80	Carpinus betulus	0,02	54				
81	Carpinus betulus	0,14	134				
82	Carpinus betulus	0,05	78				
83	Carpinus betulus	0,09	107				
84	Carpinus betulus	0,06	87				
85	Carpinus betulus	0,13	126				
86	Acer pseudoplatanus	0,15	139				
87	Acer pseudoplatanus	0,15	139			x	
88	Carpinus betulus	0,04	73				
89	Carpinus betulus	0,03	62				
90	Quercus sp.	0,73	303				
91	Carpinus betulus	0,02	50				
92	Acer pseudoplatanus	0,02	51				
93	Carpinus betulus	0,03	63				
94	Quercus sp.	0,59	273				
95	Carpinus betulus	0,02	54				
96	Carpinus betulus	0,03	59				
97	Acer pseudoplatanus	0,02	56				
98	Carpinus betulus	0,02	48				
99	Castanea sativa	0,07	97				
100	Carpinus betulus	0,03	59				
101	Carpinus betulus	0,04	69				
102	Carpinus betulus	0,03	57				
103	Carpinus betulus	0,03	65				
104	Quercus sp.	1,00	355				x
105	Acer pseudoplatanus	0,03	57				
106	Carpinus betulus	0,04	73				
107	Castanea sativa	0,20	159			x	
108	Carpinus betulus	0,09	108				
109	Castanea sativa	0,15	139	x		x	
110	Castanea sativa	0,03	63				
111	Quercus sp.	0,54	260				
112	Carpinus betulus	0,02	50				
113	Acer platanoïdes	0,05	77				
114	Castanea sativa	0,30	194			x	x
115	Carpinus betulus	0,04	68				

N°	Essence	g150	C150 théorique	BS	OS, BA & MP	MDB, KA &FVA	TE & LS
116	Carpinus betulus	0,02	55				
117	Carpinus betulus	0,08	99				
118	Quercus sp.	0,54	260				
119	Carpinus betulus	0,05	82				
120	Castanea sativa	0,15	137			x	
121	Castanea sativa	0,60	274		x	x	
122	Carpinus betulus	0,06	90				
123	Castanea sativa	0,37	217	x	x	x	x
124	Castanea sativa	0,10	110	x	x		x
Acer							
125	pseudoplatanus	0,04	67				
126	Quercus sp.	0,79	315				
127	Carpinus betulus	0,02	52				
128	Acer platanoides	0,10	110				
129	Castanea sativa	0,14	132				
130	Acer platanoides	0,11	115				
131	Castanea sativa	0,46	241				
132	Carpinus betulus	0,02	47				
133	Juglans cinerea	0,32	200				
134	Castanea sativa	0,11	118	x	x	x	
135	Carpinus betulus	0,10	112				
Robinia							
136	pseudoacacia	0,17	145		x		
137	Carpinus betulus	0,12	125				
138	Castanea sativa	0,13	127			x	
Acer							
139	pseudoplatanus	0,07	93				
Acer							
140	pseudoplatanus	0,36	211				
Acer							
141	pseudoplatanus	0,16	140				
142	Carpinus betulus	0,04	73				
143	Castanea sativa	0,83	323	x	x	x	
144	Prunus avium	0,08	98				
145	Carpinus betulus	0,12	125				
146	Prunus avium	0,34	207			x	x
147	Populus x canescens	0,40	225				
148	Carpinus betulus	0,07	92				
149	Carpinus betulus	0,02	51				
150	Quercus sp.	0,72	301				
151	Carpinus betulus	0,06	89				
Acer							
152	pseudoplatanus	0,05	83				
153	Carpinus betulus	0,06	85				

N°	Essence	g150	C150 théorique	BS	OS, BA & MP	MDB, KA &FVA	TE & LS
154	Castanea sativa	0,22	167				
155	Carpinus betulus	0,05	76				
156	Carpinus betulus	0,13	129				
157	Carpinus betulus	0,02	52				
158	Carpinus betulus	0,04	67				
159	Carpinus betulus	0,02	53				
160	Castanea sativa	0,12	122			x	
161	Castanea sativa	0,07	93				
162	Quercus sp.	0,85	326				
	Acer						
163	pseudoplatanus	0,04	70				
164	Carpinus betulus	0,04	70				
165	Castanea sativa	0,39	221			x	
166	Carpinus betulus	0,03	66				
	Acer						
167	pseudoplatanus	0,02	54				
168	Castanea sativa	0,30	193				
	Acer						
169	pseudoplatanus	0,04	74				
	Acer						
170	pseudoplatanus	0,13	130				
171	Carpinus betulus	0,08	99				
172	Castanea sativa	0,09	105				
	Acer						
173	pseudoplatanus	0,07	93				
174	Castanea sativa	0,07	96	x			
175	Quercus sp.	0,54	261				
176	Castanea sativa	0,02	56				
	Acer						
177	pseudoplatanus	0,04	75				
	Acer						
178	pseudoplatanus	0,07	95				
179	Castanea sativa	0,05	80				
180	Castanea sativa	0,17	145			x	x
	Acer						
181	pseudoplatanus	0,02	54				
182	Quercus sp.	0,34	206				
183	Carpinus betulus	0,03	63				
184	Quercus sp.	0,59	273				
185	Fagus sylvatica	0,02	53				
	Acer						
186	pseudoplatanus	0,11	117				
	Acer						
187	pseudoplatanus	0,11	119				x
188	Quercus sp.	1,01	356				

N°	Essence	g150	C150 théorique	BS	OS, BA & MP	MDB, KA &FVA	TE & LS
189	Castanea sativa	0,09	105				x
190	Quercus sp.	0,53	258				
191	Castanea sativa	0,12	121				
192	Carpinus betulus	0,02	50				
193	Carpinus betulus	0,03	57				
	Acer						
194	pseudoplatanus	0,03	60				
195	Fagus sylvatica	0,09	109				
196	Carpinus betulus	0,03	60				
197	Quercus sp.	0,77	312				
198	Quercus sp.	0,49	248				
199	NA		0				
200	Pinus sylvestris	0,17	146				
201	Pinus sylvestris	0,04	69				
202	Quercus sp.	0,70	297				
203	Fagus sylvatica	0,07	95				
204	Quercus sp.	0,52	255	x			
205	Carpinus betulus	0,04	74				
206	Sorbus aucuparia	0,03	60				
207	Sorbus aucuparia	0,04	72				
208	Sorbus aucuparia	0,03	63				
209	Sorbus aucuparia	0,02	51				
210	Sorbus aucuparia	0,09	106				
211	Carpinus betulus	0,14	131				
212	Quercus sp.	0,34	206				
213	Sorbus aucuparia	0,10	114				
214	Quercus sp.	0,32	201				
215	Sorbus aucuparia	0,03	61				
216	Carpinus betulus	0,03	58				
217	Quercus sp.	0,55	263				
218	Castanea sativa	0,02	56				
219	Carpinus betulus	0,02	44				
220	Quercus sp.	0,54	260				
221	Acer platanoïdes	0,04	68				
	Acer						
222	pseudoplatanus	0,04	75				
	Acer						
223	pseudoplatanus	0,03	64				
224	Quercus sp.	0,40	223				
225	Fagus sylvatica	0,02	56				
226	Quercus sp.	0,89	335				
227	Quercus sp.	0,59	273				
228	Castanea sativa	0,13	127				x

N°	Essence	g150	C150 théorique	BS	OS, BA & MP	MDB, KA &FVA	TE & LS
229	Acer pseudoplatanus	0,02	48				
230	Carpinus betulus	0,09	105				
231	Carpinus betulus	0,02	51				
232	Quercus sp.	0,43	233				
233	Acer pseudoplatanus	0,04	70				
234	Quercus sp.	0,67	290				
235	Carpinus betulus	0,16	143				
236	Acer pseudoplatanus	0,06	85				
237	Castanea sativa	0,17	148				
238	Fagus sylvatica	0,13	126			x	
239	Quercus sp.	0,04	70				
240	Quercus sp.	0,60	274				
241	Carpinus betulus	0,03	61				
242	Carpinus betulus	0,05	76				
243	Quercus sp.	0,02	47				

RÉSUMÉ

La volonté croissante d'irrégulariser le traitement de nos forêts pour les rendre plus résilientes crée une demande en formation plus exigeante. Les marteloscopes sont des outils adaptés à cette demande.

Ce document revient, tout d'abord, sur la définition de la futaie irrégulière, son état présent et futur en Belgique, ainsi que les acteurs qui entourent sa popularisation. Ensuite, il présente les marteloscopes et ses usages puis documente l'installation de deux de ces dispositifs au sein de la partie bruxelloise de la Forêt de Soignes.

Enfin, sont présentés et analysés les exercices réalisés au sein de ces placettes par les agents forestiers bruxellois.

En conclusion, les marteloscopes se sont révélés être des outils de transmission indispensables dans le cadre de l'irrégularisation d'un tel massif forestier.