Bouleau (*Betula pendula*, ROTH) actuel et potentiel : caractérisation des propriétés mécaniques relatives aux conditions de croissance et intégration dans la filière bois wallonne.

TIMON LUIZI
MASTER 2 GFEN
2025-2026

PROMOTEURS:
Pr. TOM DE MIL
Ir. TOM MORTELMANS



© Timon LUIZI

Birch (Betula pendula Roth), current and potential: characterisation of its mechanical properties relative to growth conditions and integration into the Walloon wood sector.

TIMON LUIZI
MASTER 2 GFEN
2025-2026

PROMOTEURS:
Pr. TOM DE MIL
Ir. TOM MORTELMANS



© Timon LUIZI

Context :

1

Silver birch

A remarkable species

2

The wood sector

A sector in transition

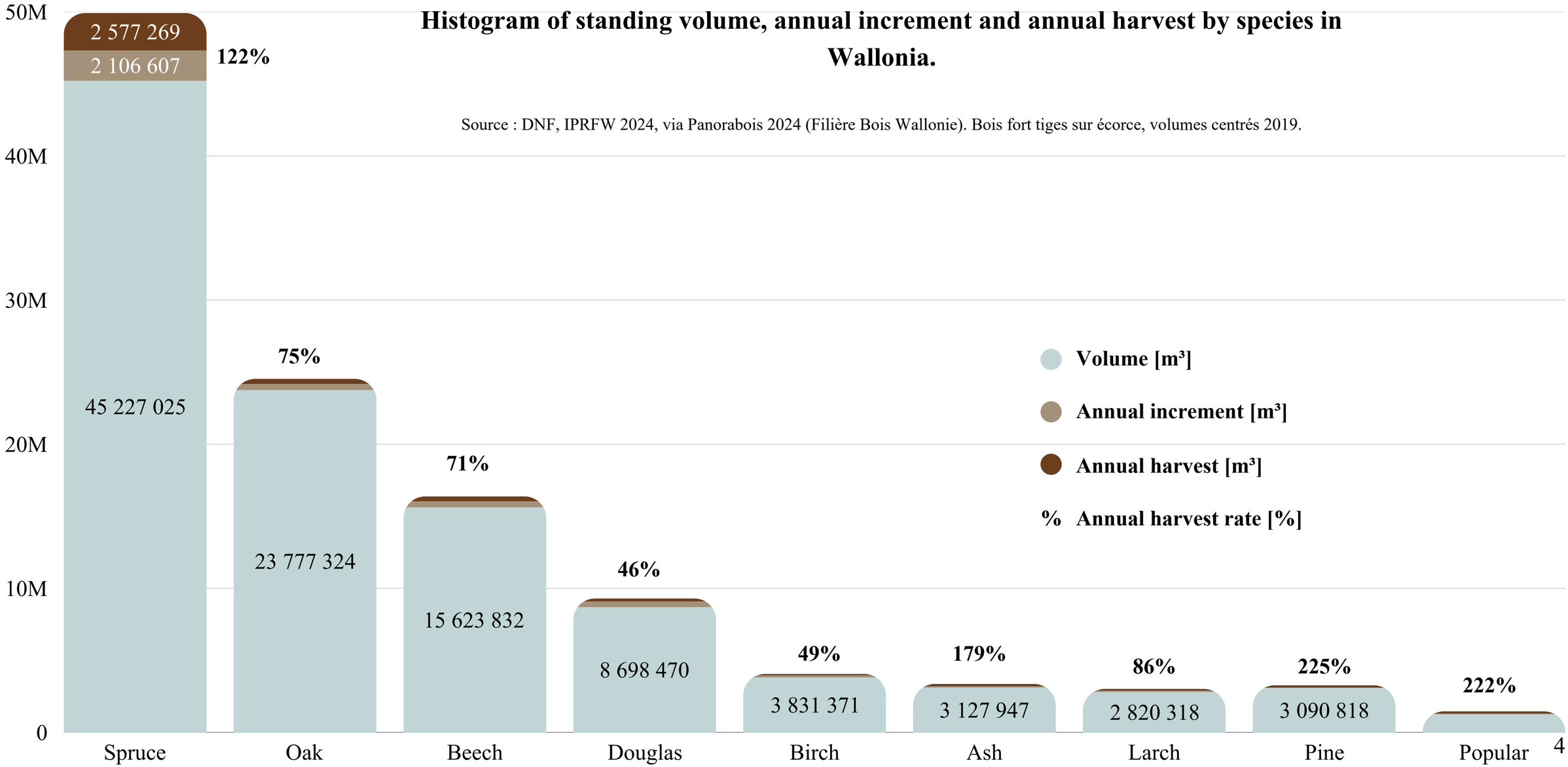
In need of a second wind



© Tom MORTELMANS

Histogram of standing volume, annual increment and annual harvest by species in Wallonia.

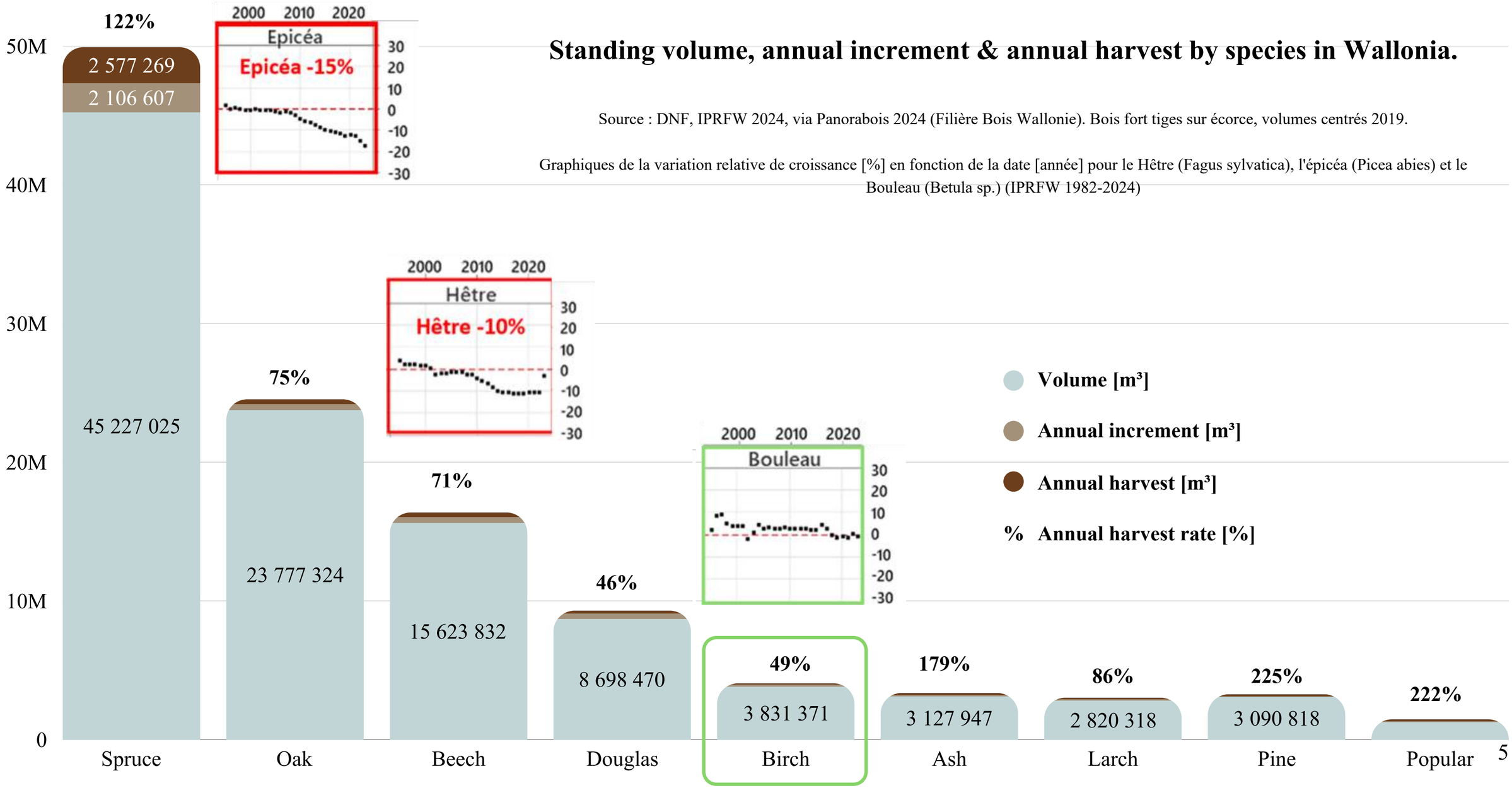
Source : DNF, IPRFW 2024, via Panorabois 2024 (Filière Bois Wallonie). Bois fort tiges sur écorce, volumes centrés 2019.



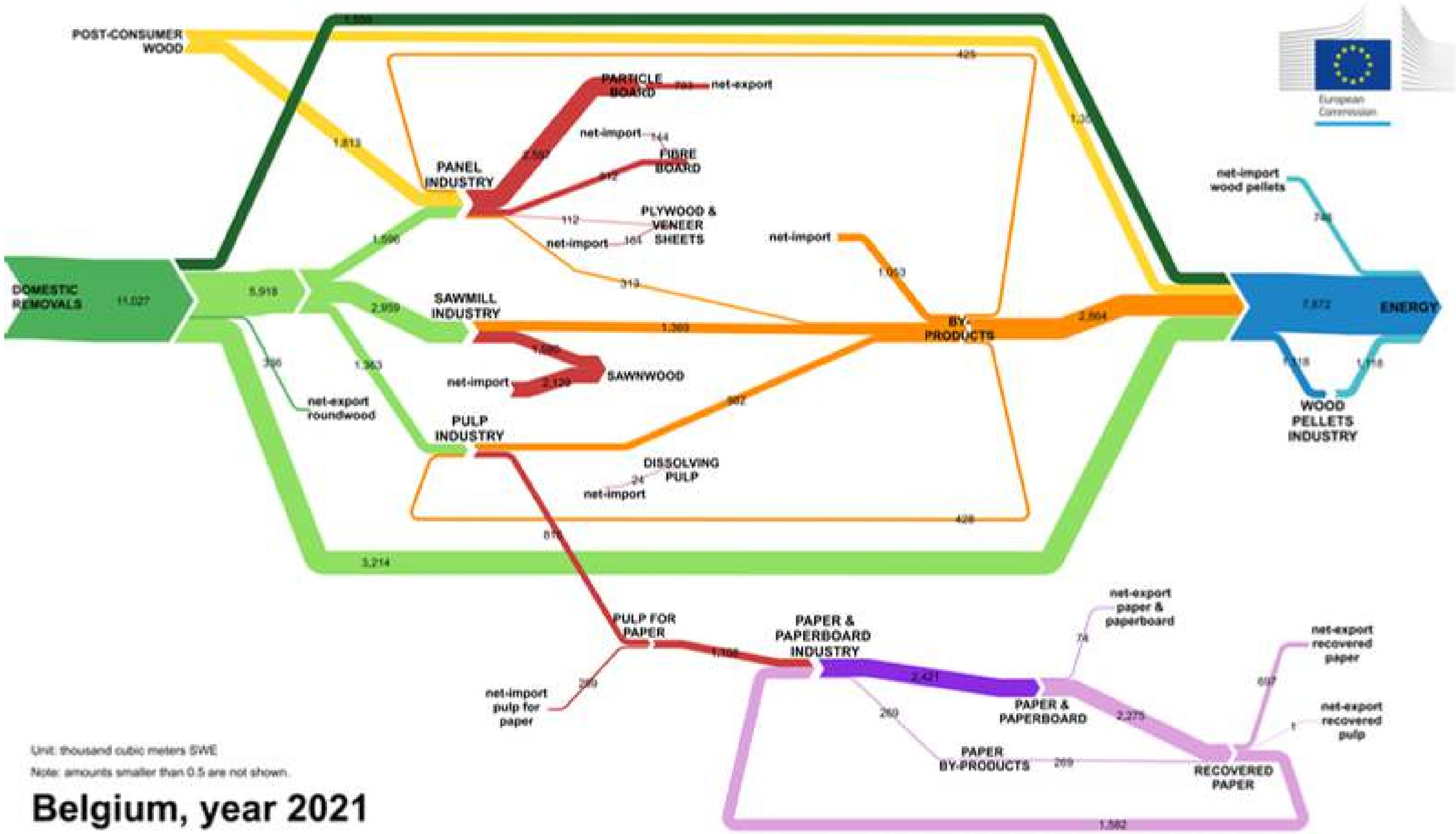
Standing volume, annual increment & annual harvest by species in Wallonia.

Source : DNF, IPRFW 2024, via Panorabois 2024 (Filière Bois Wallonie). Bois fort tiges sur écorce, volumes centrés 2019.

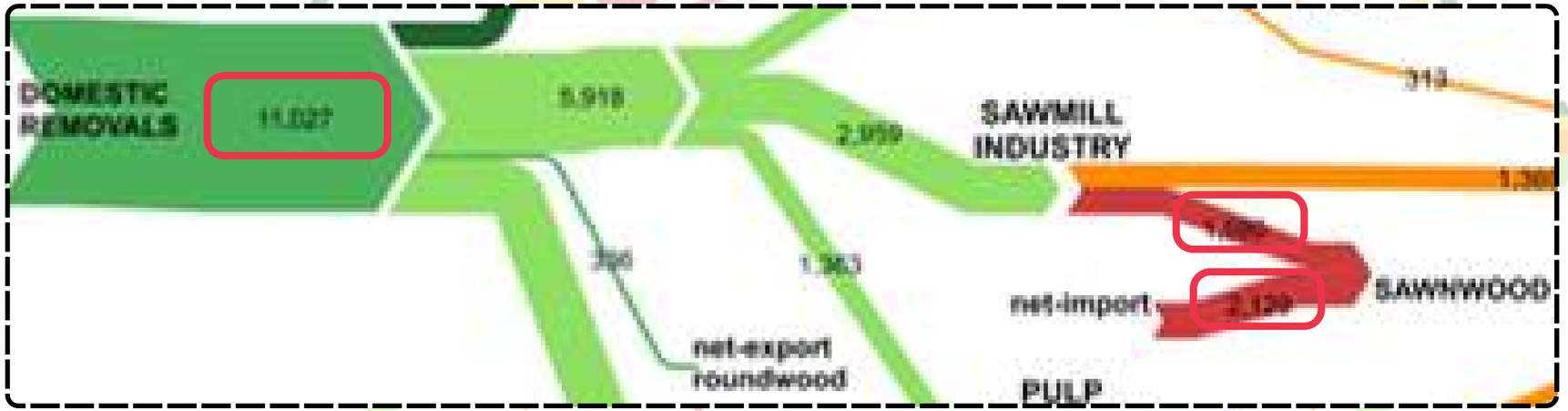
Graphiques de la variation relative de croissance [%] en fonction de la date [année] pour le Hêtre (Fagus sylvatica), l'épicéa (Picea abies) et le Bouleau (Betula sp.) (IPRFW 1982-2024)



Context and problem statement

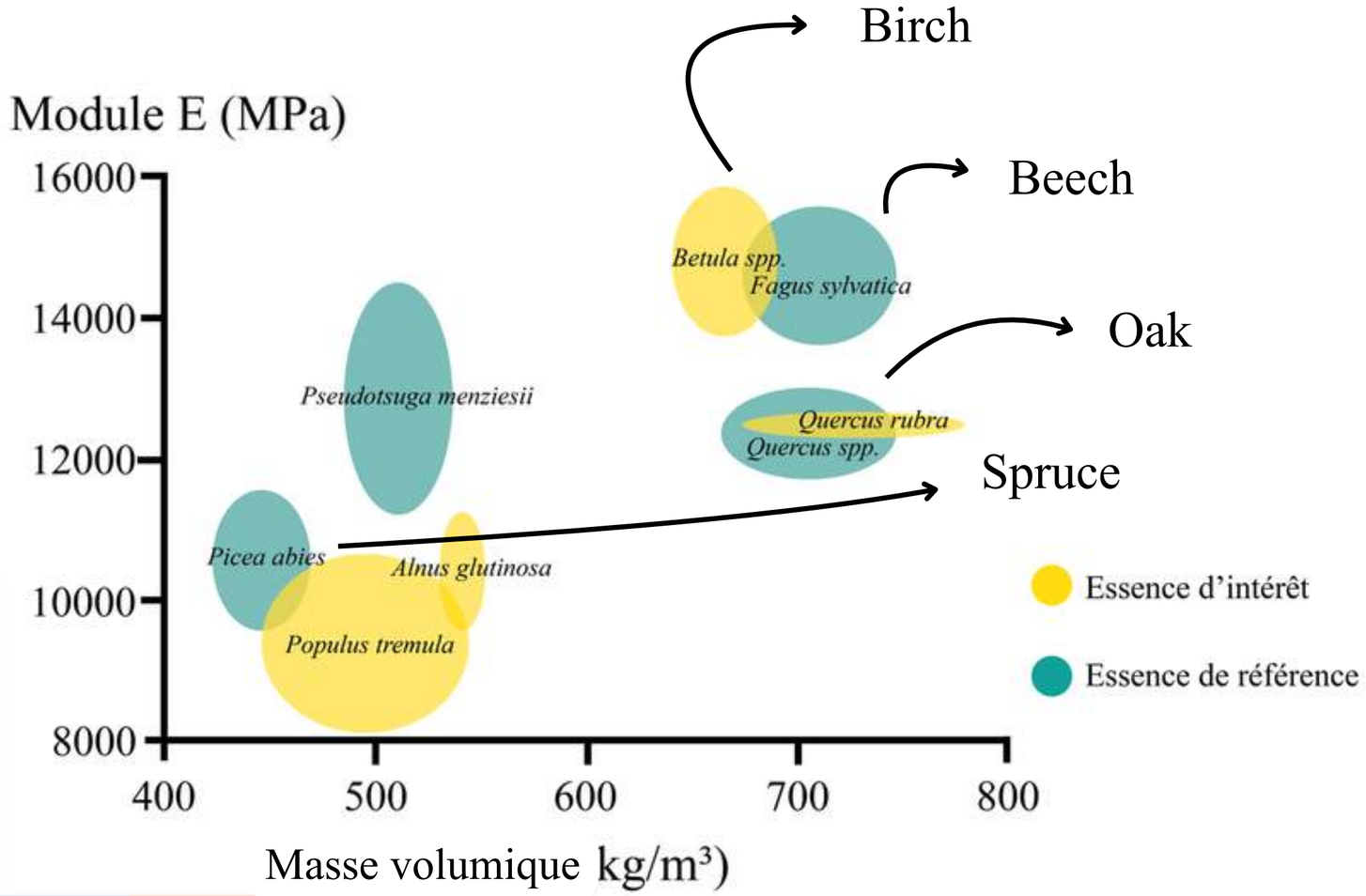


Context and problem statement

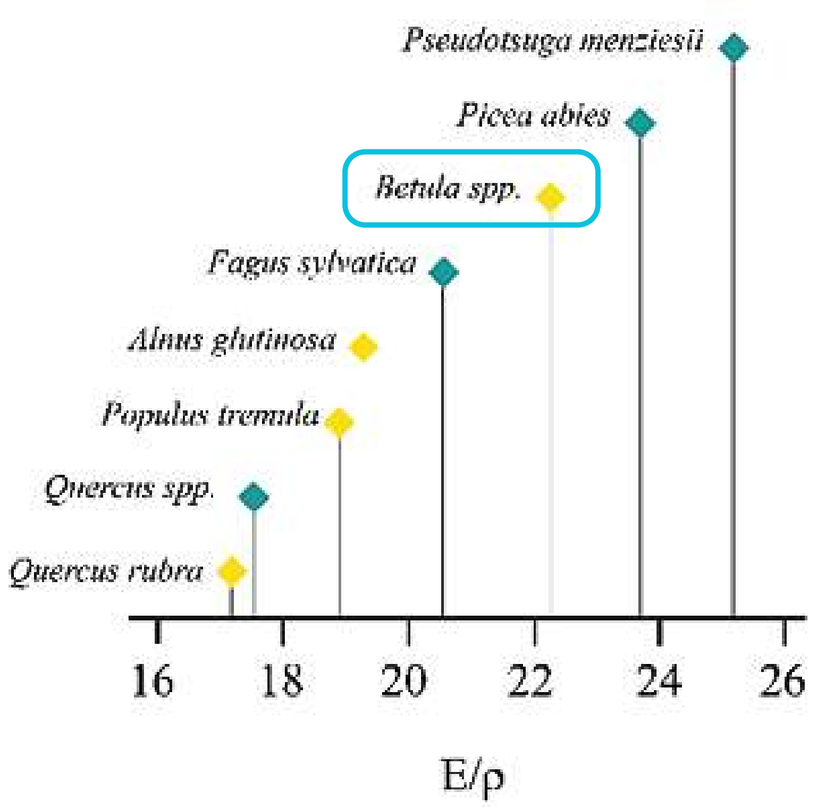


From the tree to the plank

The plank :



Modulus of elasticity (MOE) [MPa] as a function of density [kg/m³] at 12% moisture content, by species. (T. Mortelmans, unpublished, 2026)



Ashby index by species, equivalent to the ratio of modulus of elasticity (MOE) [MPa] to density [kg/m³]

Birch (Betula pendula Roth), current and potential: characterisation of its mechanical properties relative to growth conditions and integration into the Walloon wood sector.

Subject

Current Birch = Unmanaged birch (UM)



Potentail Birch = Managed Birch (M)



Holvoet et al. Non-destructive tree volume estimation using mobile laser scanning: Impact of the tree shape on measurement error. 2026

Birch (Betula pendula Roth), current and potential: characterisation of its mechanical properties relative to growth conditions and integration into the Walloon wood sector.

Birch (Betula pendula Roth), current and potential: characterisation of its mechanical properties relative to growth conditions and integration into the Walloon wood sector.

Context and problem statement

Roundwood processing site

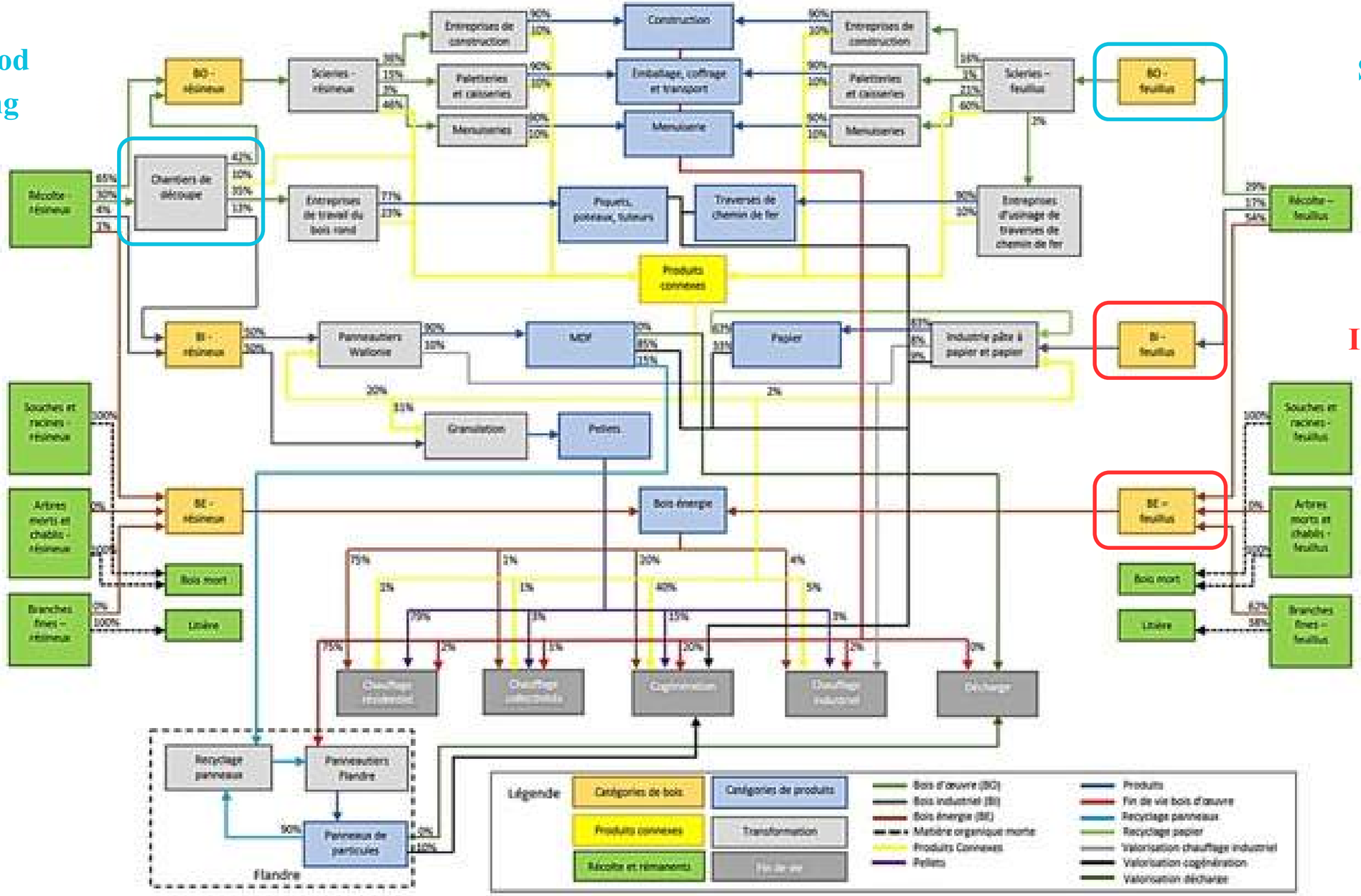


Schéma de la filière bois wallonne, en flux relatifs, construit en vue d'une utilisation avec le logiciel CAT (Charles, 2023).

Sawlogs wood

29%

Industrial wood

17%

Energy wood

54%

Objectives :

1

Mechanical section

What is the impact of silviculture (i.e. thinning and pruning) on wood technology (i.e. stiffness, MOE)?

2

Socio-economic section

Can birch be used as saw timber (potential birch)?
What are the challenges for its valorisation?

3

Can the current birch resource be used as saw timber?
At least, not just as firewood.

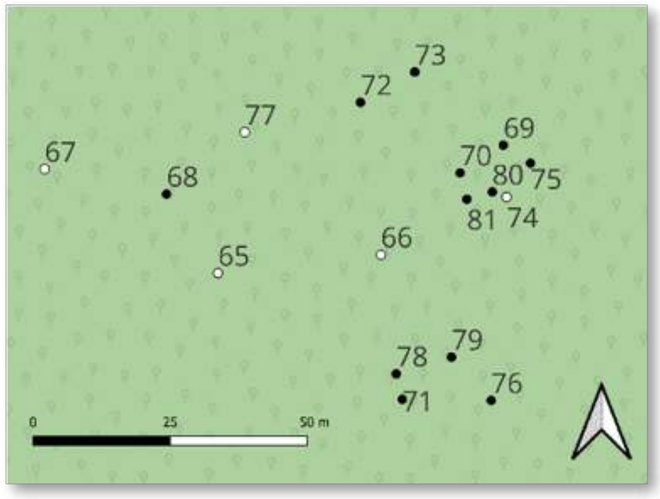


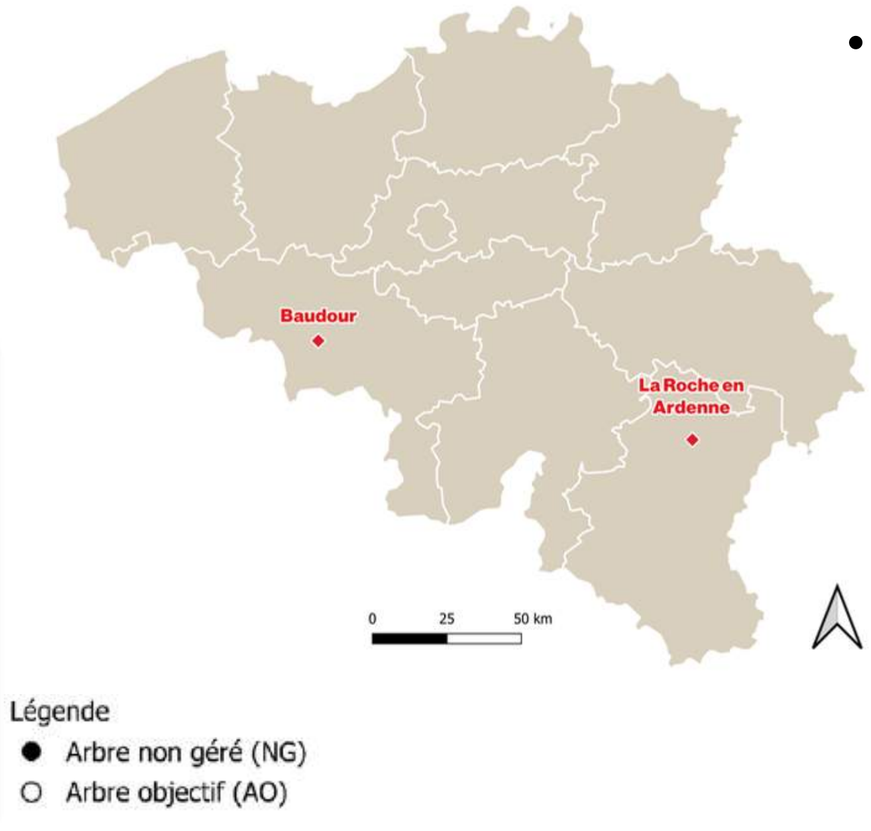
© Timon LUIZI

Methodology

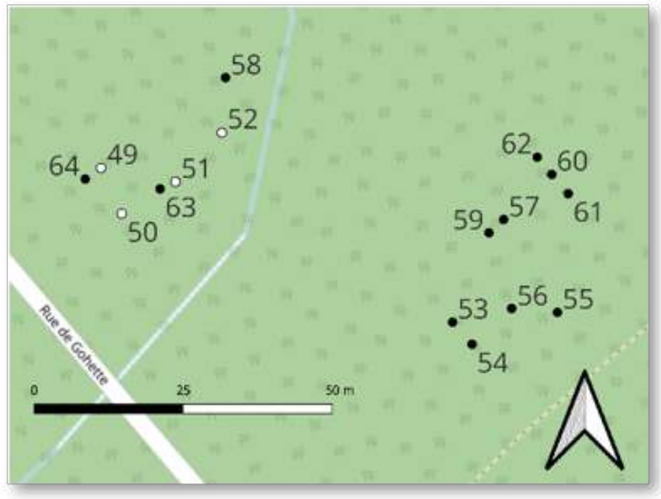
Mechanical

- **Baudour**
  - 5 Manageds Trees
    - D130 de 32 à 46cm
  - 13 Unmanageds trees
    - D130 de 13 à 19cm





- **La Roche En Ardenne**
  - 4 Manageds trees
    - D130 de 26 à 30 cm
  - 12 Unmanageds trees
    - D130 de 12 à 22 cm



Parametre	Baudour	La Roche en Ardenne
Mean annual temperature*	11,0°C	8,7°C
Mean annual precipitation*	811,6 mm	1005,8 mm
Trophic level**	Oligotrophe (-III)	Méso-oligotrophe (-I)
Soil water level**	Mésique (I)	Frais (0)

*IRM, 2026 **SPW,WalOnMap, 2026.

Mechanical section :

Birch selection



Birch harvest





Mechanical section :

Birch selection

Birch harvest

Sawn into boules







Mechanical section :

Birch selection

Birch harvest

Sawn into boules

Drying in a solar kiln





Mechanical section :

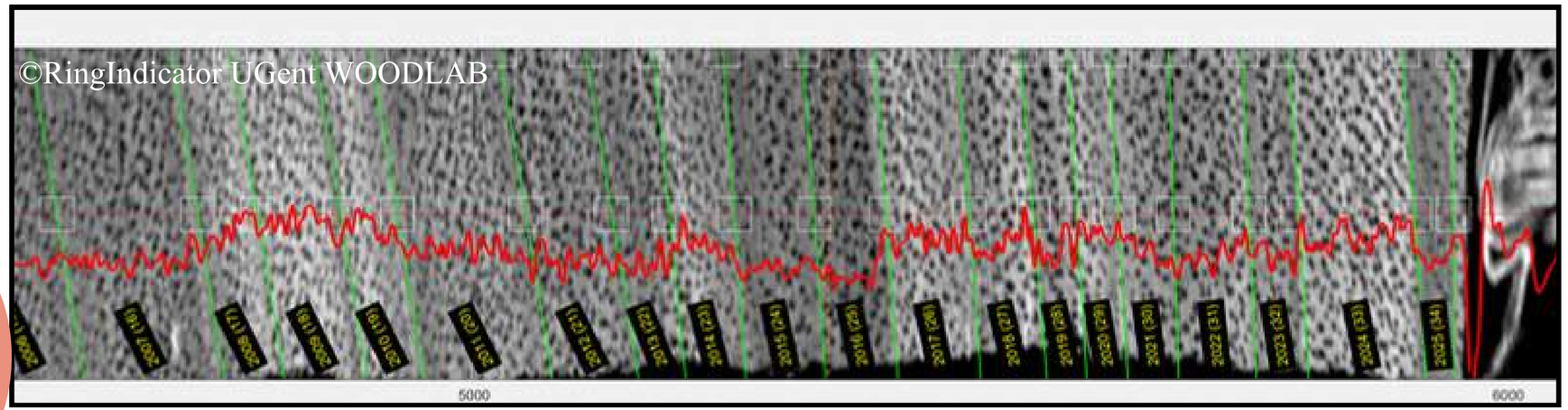
Birch selection → Birch harvest → Sawn into boules → Drying in a solar kiln





In parallel:

- Coring of butt logs
- Visual grading



Mechanical section :

Birch selection

Birch harvest

Sawn into boules

Drying in a solar kiln

Planing of the boards

Mechanical tests

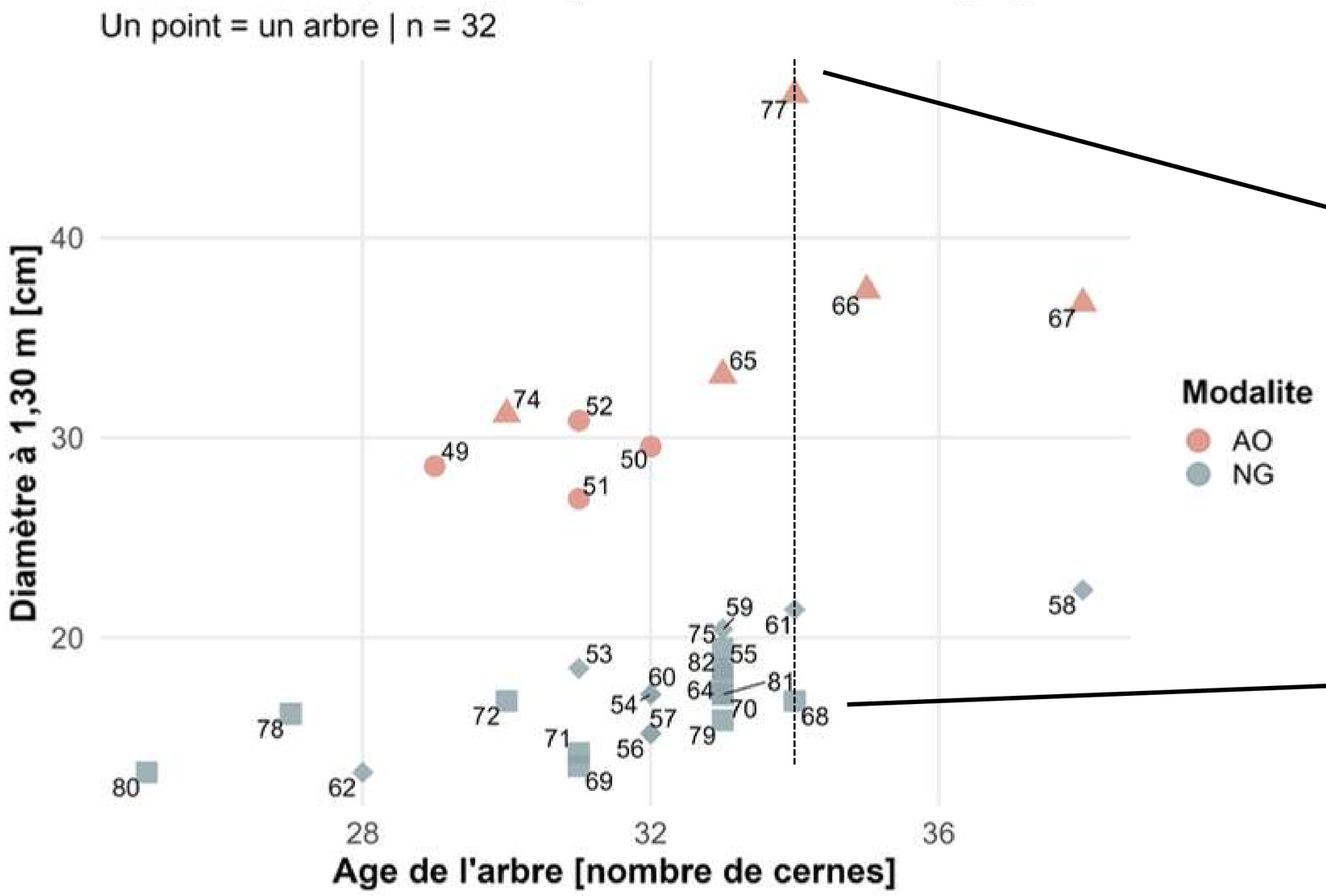


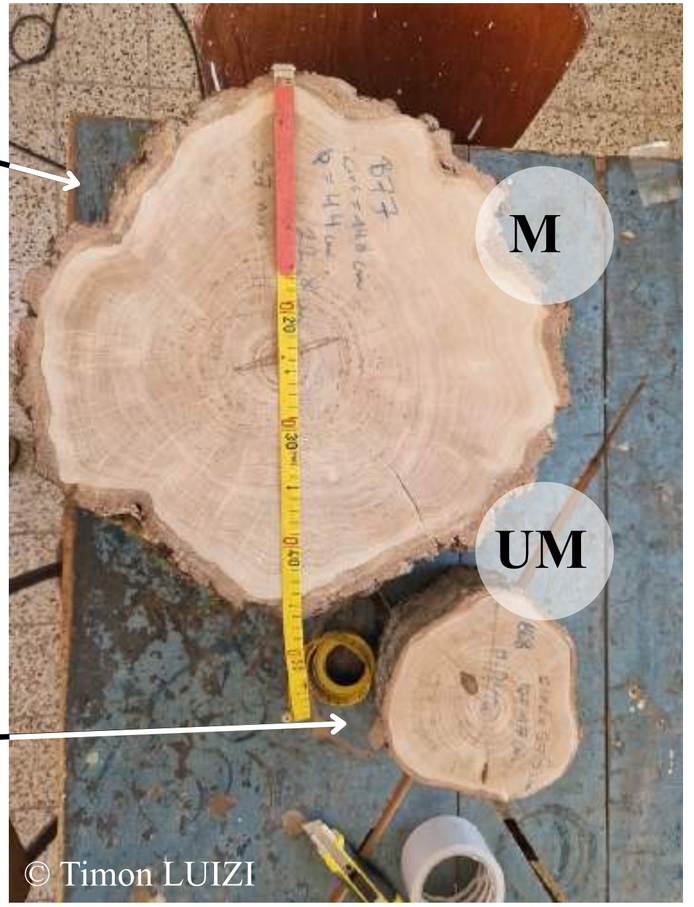
© Timon LUIZI



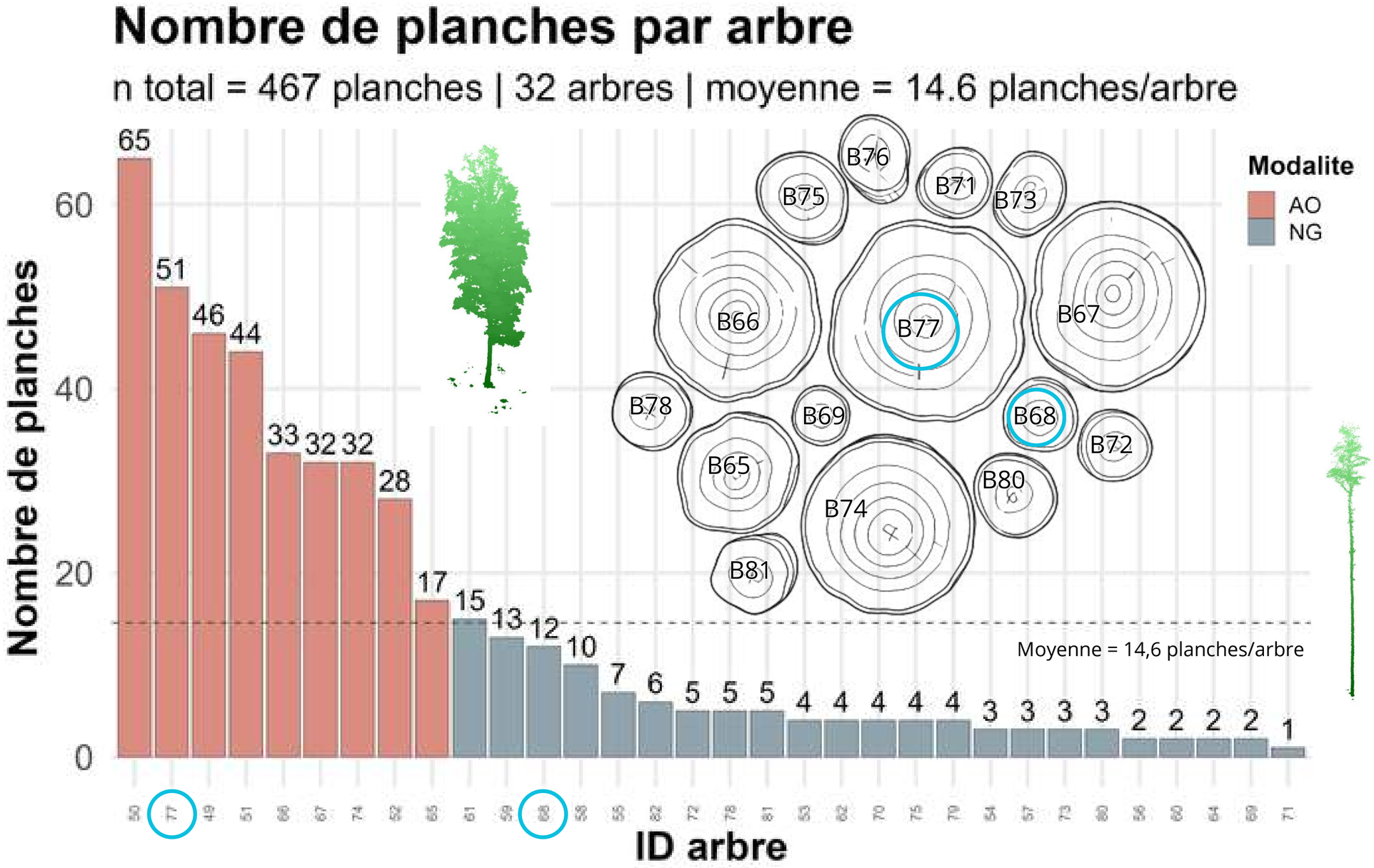
© Timon LUIZI

Diameter at breast height (DBH, 1.30 m) [cm] as a function of tree age [number of growth rings]





Mechanical



© Tom DE MIL

Measured variables :

Birch

Plank

ID tree

Stand

Silvicultural treatment

Diametre at 1,30m

Height

Age

RPC of the tree





Ring per centimeter (RPC plank)

Stifness (MOE dyn)

Density

Moisture content before dynamic MOE measurement (MC)

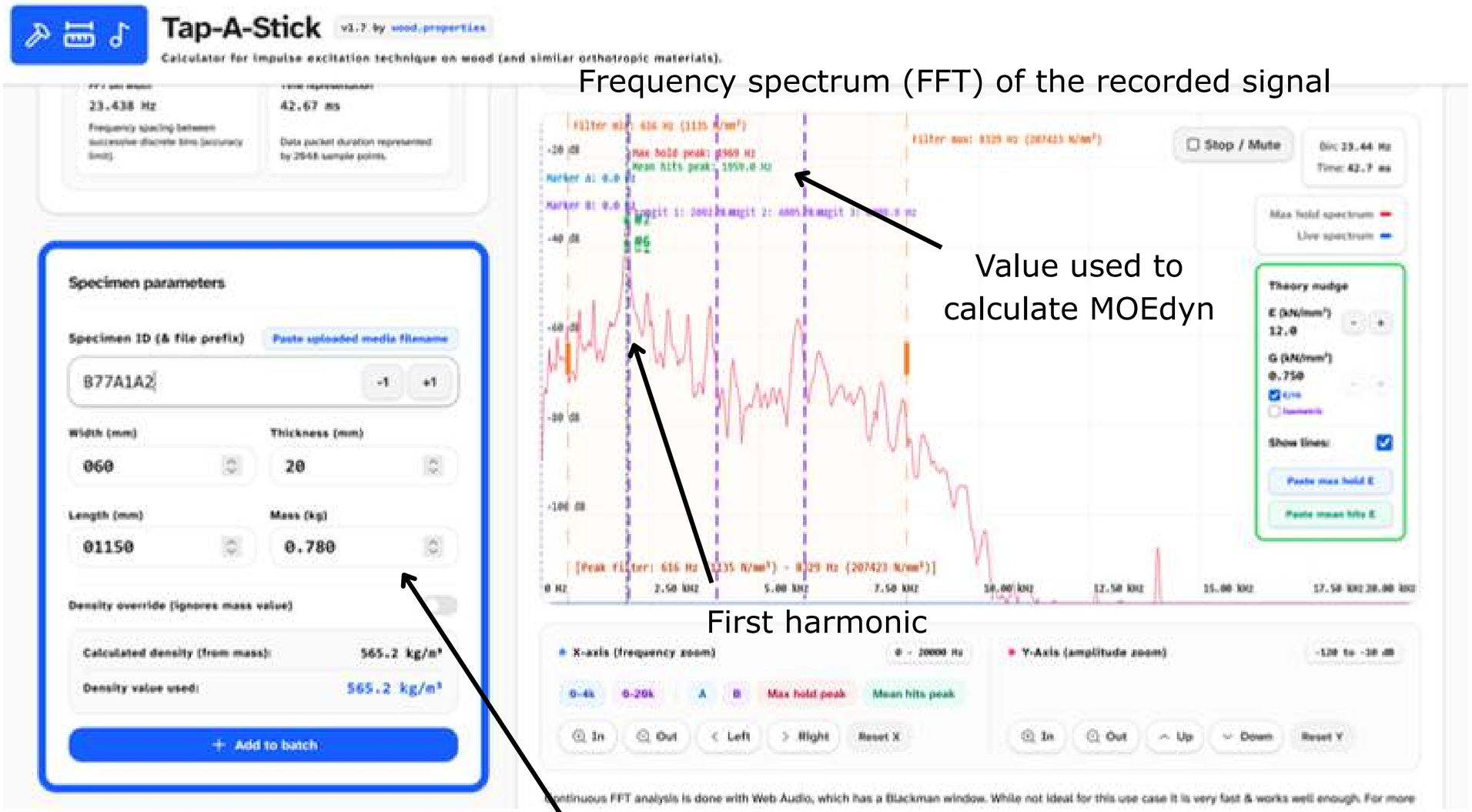
No. of knots before planing

Position in the tree (log)

Board profile

Ring per centimeter (RPC)





Frequency spectrum (FFT) of the recorded signal

Value used to calculate MOEdyn

First harmonic

Mass measured with a balance



Pr. Dan Ridley Ellis

Edinburgh Napier UNIVERSITY



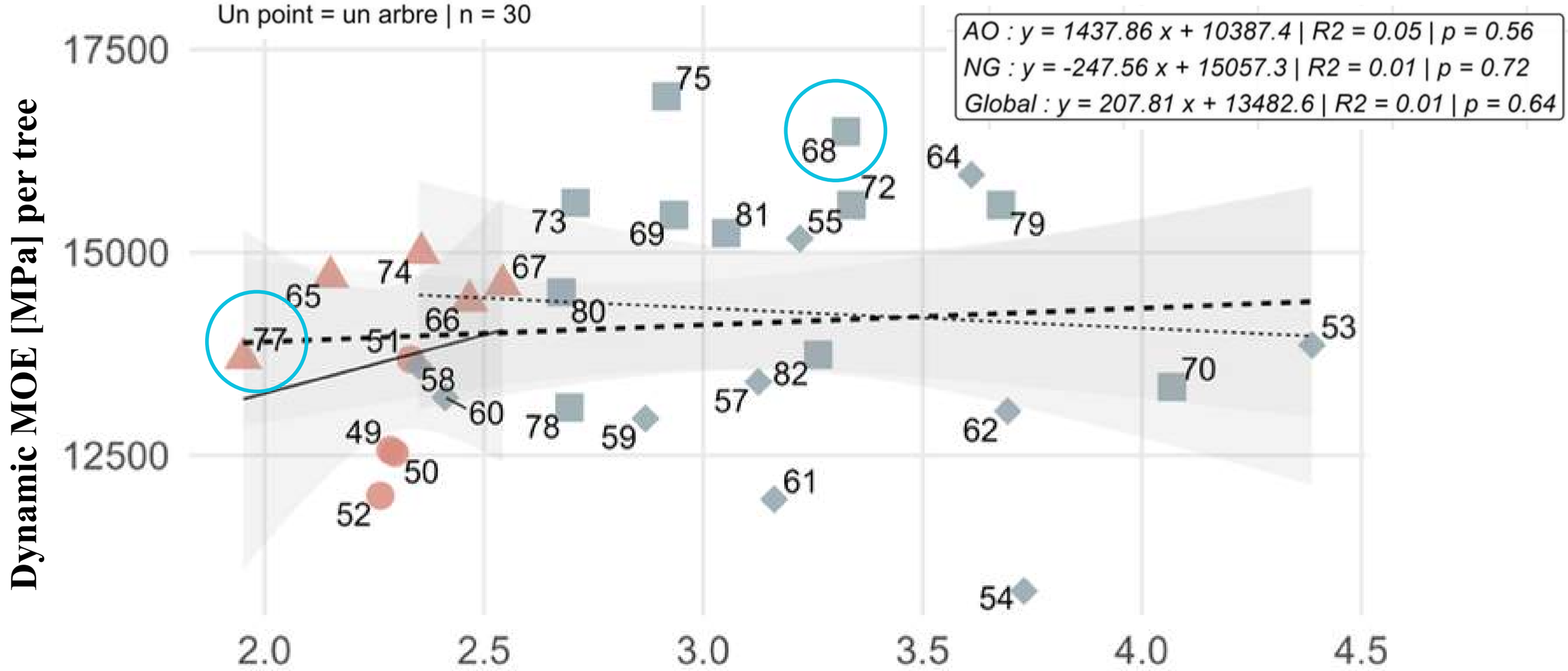
Résultats des ANOVA de type III :

Variable (mean per tree)	**Stand** (Baudour / La Roche)	**Silvicultural treatment** (M / UM)	**Interaction** (syvicultural + stand)
Ring per centimeter (RPC) [n/cm]			
Density [kg/m³]			
Stifness (MOEdyn) [MPa]			

Résultats des ANOVA de type III :

Variable (mean per tree)	**Stand** (Baudour / La Roche)	**Silvicultural treatment** (M / UM)	**Interaction** (syvicultural + stand)
Ring per centimeter (RPC) [n/cm]	ns (p = 0,777)	*** (p < 0,001)	ns (p = 0,783)
Density [kg/m³]	*** (p < 0,001)	ns (p = 0,912)	* (p = 0,018)
Stifness (MOEdyn) [MPa]	** (p = 0,0013)	ns (p = 0,192)	ns (p = 0,892)

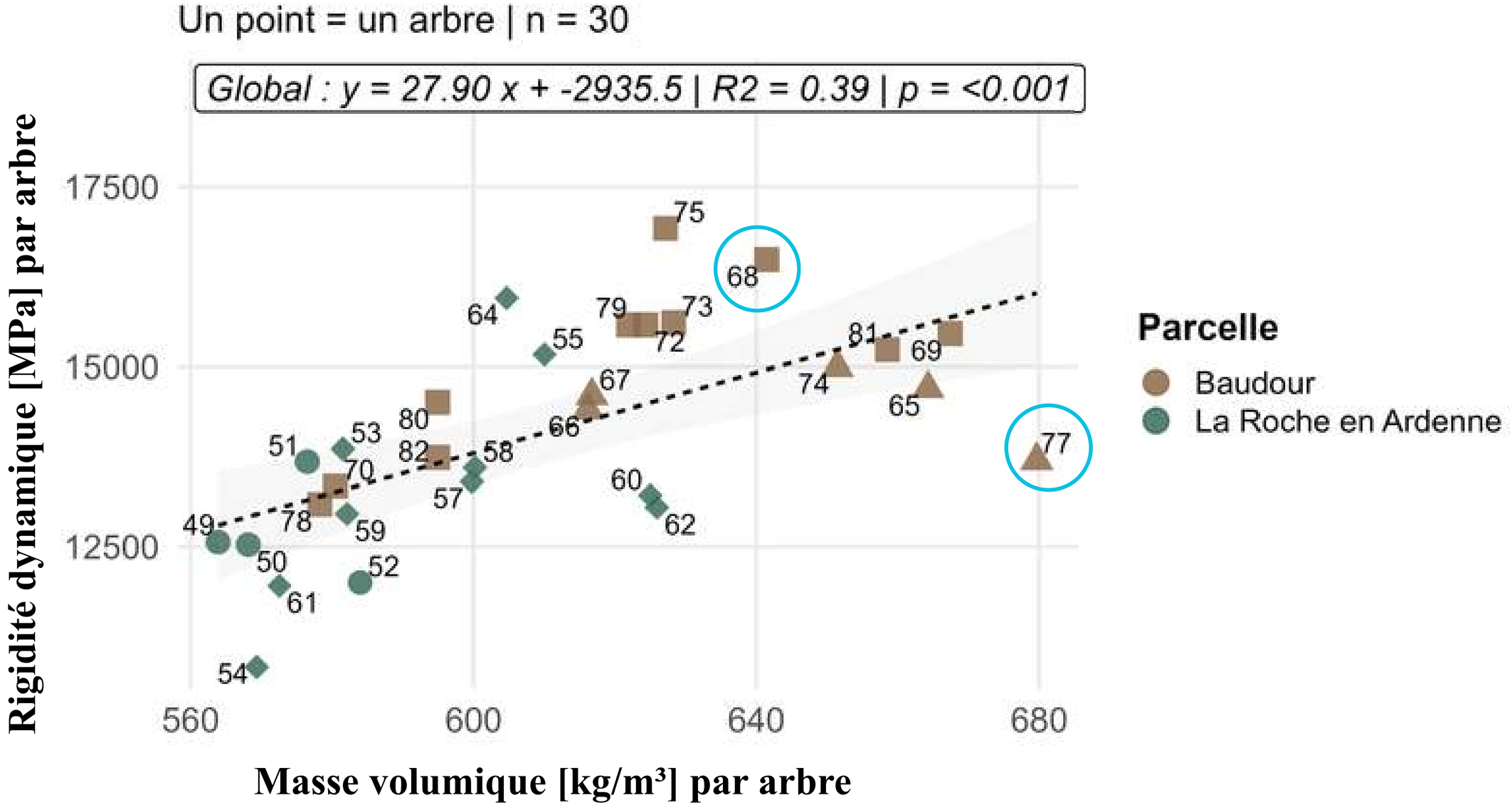
Dynamic stiffness [MPa] as a function of ring count per cm [rings/cm] per tree



Résultats des ANOVA de type III :

Variable (mean per tree)	**Stand** (Baudour / La Roche)	**Silvicultural treatment** (M / UM)	**Interaction** (syvicultural + stand)
Ring per centimeter (RPC) [n/cm]	ns (p = 0,777)	*** (p < 0,001)	ns (p = 0,783)
Density [kg/m³]	*** (p < 0,001)	ns (p = 0,912)	* (p = 0,018)
Stifness (MOEdyn) [MPa]	** (p = 0,0013)	ns (p = 0,192)	ns (p = 0,892)

Ridigité dynamique [Mpa] en fonction de la masse volumique [kg/m³] par arbres



Mechanical conclusion :

“Current and potential birch (Betula pendula Roth): characterisation of mechanical properties relative to growth conditions.”

Ring per centimeter

No impact, no significant effect observed

Silvicultural treatment

Mechanically equivalent, crop trees and unmanaged trees show identical behaviour

Density

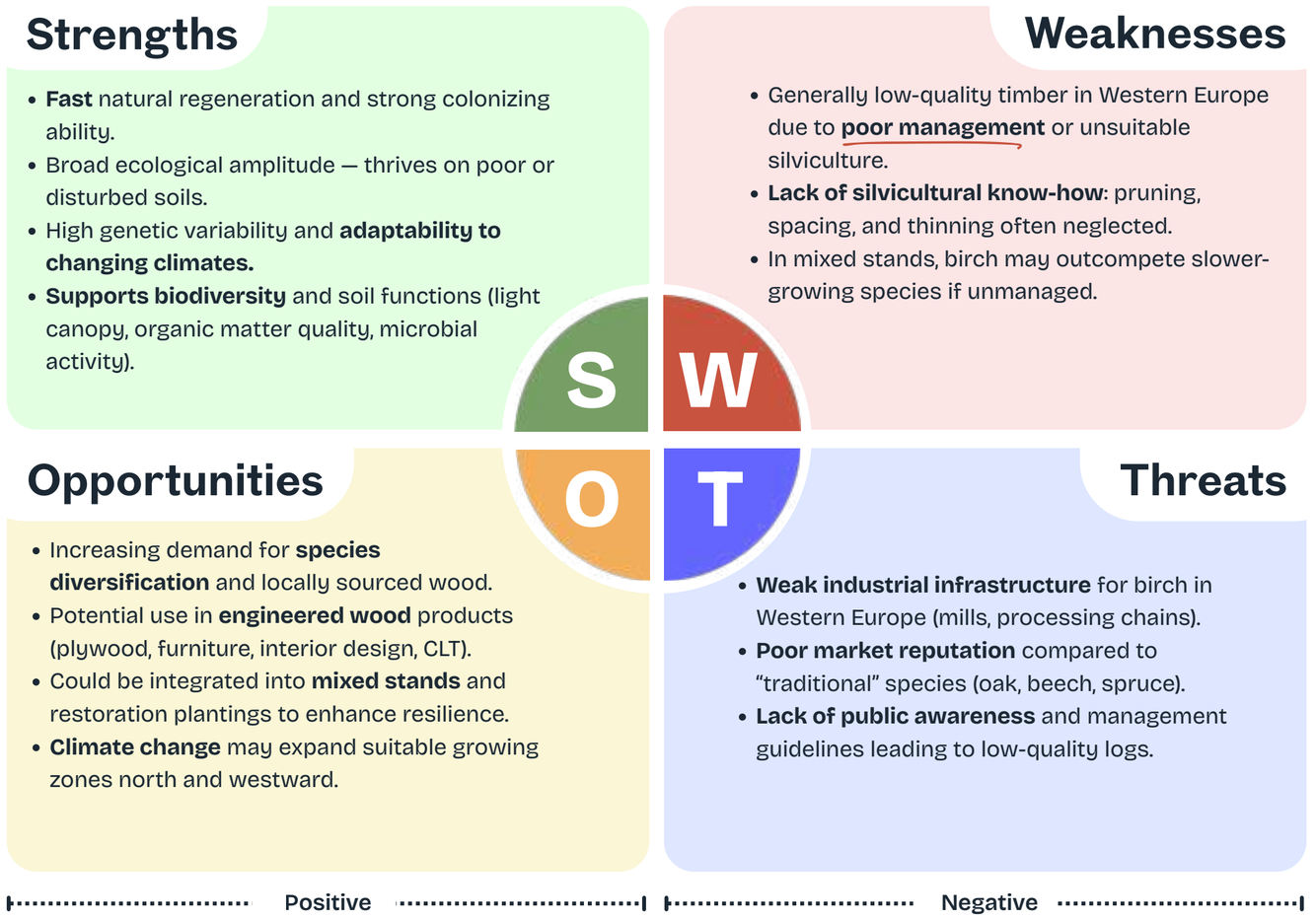
Variability present (i.e. between plots) but negligible: it varies, without any notable practical consequence

From mechanics to practice

Methodology :

- Semi-structured interviews [n=17]
- Focus groups [n≈30]
- Field observations [>200 h]
- Literature review

  => SWOT matrix



Adapté de Dubois 2020

- **Potential birch :**

Potential birch can be integrated into the Belgian hardwood sector, both as a substitute for beech and as a species in its own right.











- **Current birch :**

Current birch can be integrated into the softwood sector, particularly in the thinning-wood segment.


© Tom MORTELMANS


© Timon LUIZI


© Timon LUIZI

General conclusion

1 Mechanical equivalence

Regardless of management, M and UM trees can be used as saw timber.

2 Priority

Socio-economic barriers are the priority issues.

3 Needs

Broadening the study to a multidisciplinary approach.

4 Opportunities

Growing enthusiasm among European stakeholders for this species.



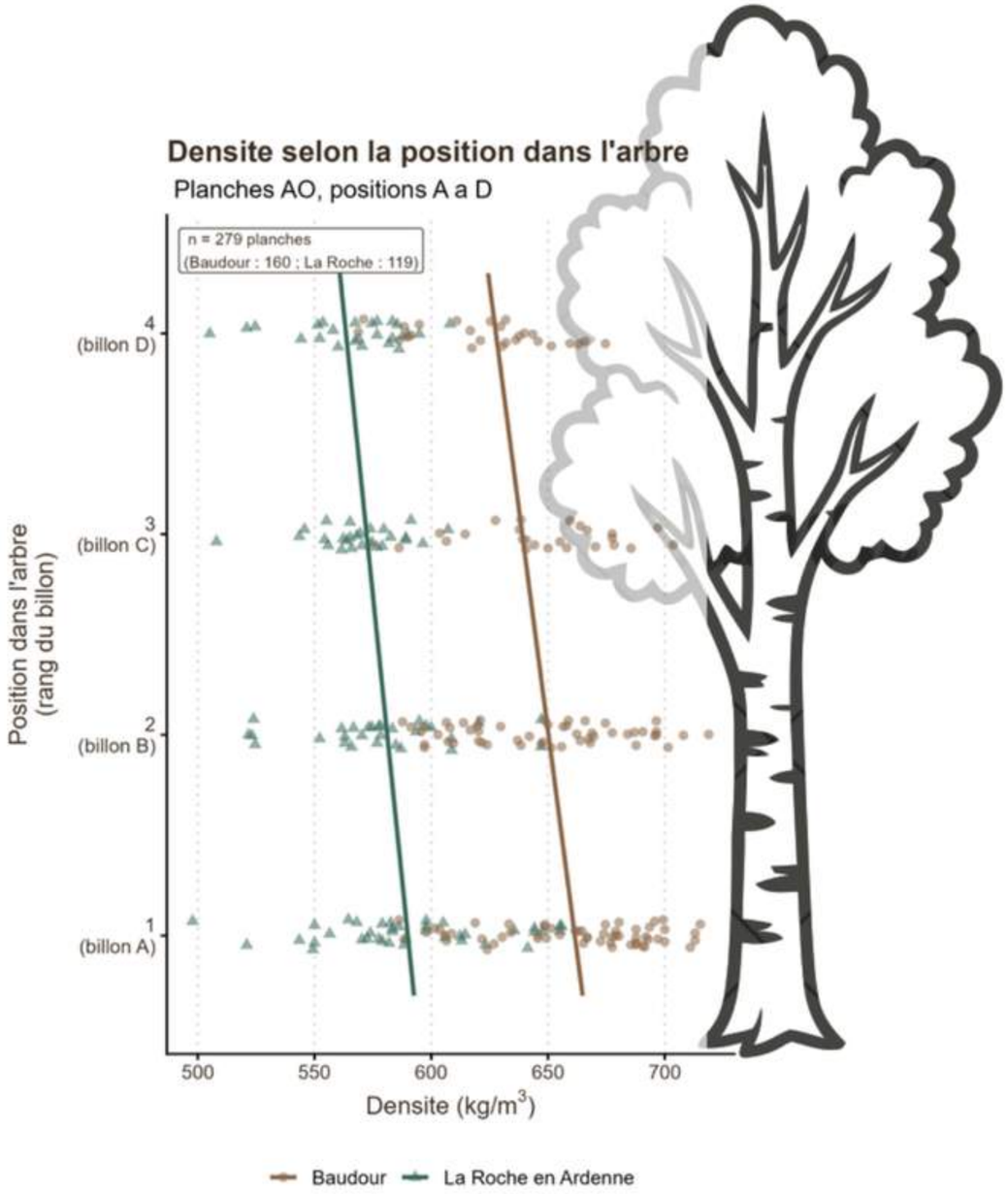
© Tom MORTELMANS

Merci pour votre écoute



© Timon LUIZI

Étude	Nombre d'éprouvettes (n)	MOE dynamique vs.		
		MOE global	MOE local	MOR
Šilinskas *et al.* (2024)	520	—	r^2 = 0,23 (r = 0,48)	r^2 = 0,17 (r = 0,41)
Lemke *et al.* (2023)	600	r^2 = 0,73	r^2 = 0,50	r^2 = 0,33
Gil-Moreno *et al.* (2025)	94	r^2 = 0,64	r^2 = 0,47	r^2 = 0,20


Densite selon la position dans l'arbre
Planches AO, positions A a D
n = 279 planches
(Baudour : 160 ; La Roche : 119)
Position dans l'arbre
(rang du billon)
4
(billon D)
3
(billon C)
2
(billon B)
1
(billon A)
500
550
600
650
700
Densite (kg/m3)
Baudour
La Roche en Ardenne

Bouleau actuel

FORCES (facteurs internes +)	FAIBLESSES (facteurs internes –)
F1. Disponibilité de la ressource. Troisième essence feuillue de Wallonie, largement répartie et sous-exploitée, en expansion (IPRFW, 2015-2023 ; Dubois et al., 2020).	**Fa1. Rectitude imparfaite.** Loin des standards du résineux (Dubois et al., 2020).
F2. Prix bas et stable. Vendu au prix du bois de chauffage, stable depuis 1993, proche de celui de l'épicéa scolyté.	**Fa2. Durabilité intrinsèque faible.** Classe V (Dubois, 2022) ; frein commun à de nombreux feuillus européens plutôt que spécificité du bouleau (Auer & Rauch, 2021).
F3. Adaptabilité des machines existantes. Diamètre compatible avec les abatteuses-ébrancheuses et les scies des chantiers de découpe, sans investissement spécifique.	**Fa3. Formation de fourches.** Complication majeure pour le sciage, défaut fréquent chez le bouleau (Entretien P. Cornet, C. Dubois, H. Dubois et J. Layon).
F4. Compatibilité avec les débouchés du résineux de basse qualité. Peut remplacer l'épicéa dans des usages peu exigeants (ex. enfoncement en sol saturé) ; seule contrainte identifiée : le poids pour le transport.	**Fa4. Essence peu utilisée et mal connue.** (Dubois et al., 2020 ; Pensis, 2020)
F5. Imprégnabilité. Essence théoriquement facilement imprégnable (retours CIBB, Sasha Bierk) ; reste à quantifier.	**Fa5. Sensibilité à la neige collante.** Défaut majeur pour une utilisation en chantier de découpe.
F6. Durabilité intrinsèque à relativiser par le mode de récolte. Classe V (Dubois, 2022 ; EN 350:2016), mais la « saignée » du tronc à l'abattage limite la dégradation.	**Fa6. Pourriture difficile à détecter.** Risque à l'achat d'un lot sur pied (Dubois et al., 2020).
F7. Essence connue du grand public. Facilite la communication autour de sa valorisation.	**Fa7. Répartition dispersée de la ressource.** Peu de peuplements purs (IPRFW, 2015-2023), enjeu pour mobiliser des volumes suffisants.
F8. Utilisation déjà amorcée sur le terrain. Présent sur certains chantiers de découpe situés en éclaircie d'épicéa.	**Fa8. Absence de demande structurée en aval.** Pas de plus-value identifiée face à l'épicéa (Pensis, 2020 ; Dubois, 2022 ; Auer & Rauch, 2021).
F9. Propriétés mécaniques intéressantes. Résultats de ce travail en ligne avec Lemke et al. (2023) et Gil-Moreno et al. (2025).	**Fa9. Masse volumique pénalisante pour le transport.** Renforcée par une réglementation peu harmonisée (50 t en Wallonie contre 44 t en Flandre).
F10. Croissance rapide. Favorise le renouvellement de la ressource (Dubois, 2022 ; Dubois et al., 2020).	**Fa10. Risque financier pour les chantiers de découpe.** Payés à la vente : pas d'intérêt à couper sans demande (Entretient C. Dubois).
F11. Intérêt pour la biodiversité. (Dubois et al., 2020)	**Fa11. Peu de modèles étrangers transposables.** Au contexte belge ou wallon.
F12. Bonne apparence visuelle. Bois clair et homogène (Dubois et al., 2020 ; Pensis, 2020).	**Fa12. Concurrence du bois papetier.** Prix plafond autour de 70 €/m³ bord de route (FBW).
	Fa13. Difficulté à suivre la ressource. Flux mal connus à l'échelle wallonne (cf. section 1.1.3 ; Auer & Rauch, 2021).
OPPORTUNITÉS (facteurs externes +)	**MENACES (facteurs externes –)**
O1. Possible crise sanitaire du résineux. Pourrait ouvrir un espace pour d'autres essences comme le bouleau (Auer & Rauch, 2021).	**M1. Inertie forte du secteur.** Pas d'incitant au changement, le monde forestier semblant se satisfaire de l'épicéa.
O2. Sylviculture dynamique envisageable. En plein, sur un régime proche du résineux (H. Dubois, J. et P. Cornet) ; nuance : voir M3.	**M2. Absence de menace sur la ressource résineuse d'éclaircie elle-même.** Réduit l'urgence d'une diversification vers le bouleau (Entretien P. Cornet).
O3. Hausse potentielle des prix du résineux de petit diamètre. Renforcerait la compétitivité relative du bouleau (point à confirmer).	**M4. Contexte économique instable.** Peu favorable aux investissements risqués (Entretien Kewlox).
O4. Valorisation en cascade. A même titre que les feuillus nobles (i.e. chêne).	**M5. Marché tiré par l'aval (« market pull »).** Pas par la demande du consommateur final (Auer & Rauch, 2021).

Bouleau potentiel

FORCES (facteurs internes +)	FAIBLESSES (facteurs internes –)
F1. Propriétés mécaniques performantes, homologues au hêtre. (Pensis, 2020 ; Lemke et al., 2023 ; Gil-Moreno et al., 2025)	**Fa1. Exigence technique accrue au sciage.** Plus difficile que le hêtre (Y. Quewet).
F2. Capacité à atteindre de gros diamètres sous sylviculture dynamique. Jusqu'à 50 cm à 60 ans (Dubois et al., 2021 ; Hynynen et al., 2010).	**Fa2. Chaîne de transformation exigeante en délais.** Surtout sans « saignée » du tronc à l'abattage.
F3. Intégration possible en sylviculture mélangée. Via régénération naturelle en trouées suffisantes (Dubois et al., 2020, 2021 ; Cameron, 1996).	**Fa3. Durabilité intrinsèque faible.** Classe V (Dubois, 2022) ; frein commun aux feuillus européens (Auer & Rauch, 2021).
F4. Potentiel d'échange de connaissances à l'échelle européenne. Pays baltes, Suède, Irlande, Ecosse (Lemke et al., 2023 ; Gil-Moreno et al., 2025 ; Dubois et al., 2020).	**Fa4. Essence encore mal connue.** (Dubois et al., 2020 ; Pensis, 2020)
F5. Adaptabilité aux systèmes d'exploitation actuels. Sans investissement spécifique à moyen terme.	**Fa5. Masse volumique pénalisante pour le transport.** Réglementation peu harmonisée (50 t en Wallonie contre 44 t en Flandre).
F6. Bonne apparence visuelle. Bois clair et homogène (Dubois et al., 2020).	**Fa6. Absence de normes de classement structurel spécifiques.** Contrairement au résineux (EN 338/408/1912) (Dubois et al., 2020 ; Auer & Rauch, 2021).
F7. Essence connue du grand public. Facilite la communication autour de sa valorisation.	
F8. Intérêt pour la biodiversité. (Dubois et al., 2020)	
F9. Potentiel dans les produits d'ingénierie du bois. Module de cisaillement supérieur au résineux en lamellé-collé (T. Mortelmans, 2024 ; Auer & Rauch, 2021).	

OPPORTUNITÉS (facteurs externes +)	MENACES (facteurs externes –)
O1. Possible crise sanitaire du résineux et du hêtre. (Auer & Rauch, 2021)	**M1. Filière en décroissance et peu rentable.** L'exportation de grumes (Auer & Rauch, 2021 ; Lenglet et al., 2017). Rendement d'échelle.
O2. Tendance « bois clair » en architecture et design.	**M2. Inertie forte du secteur forestier.** Peu de recherche de nouvelles essences.
O3. Cadre politique favorable à la diversification. Résolutions 65, 66 et 68 des Assises de la Forêt (2023).	**M3. Contexte économique instable.** Limite les investissements à long terme (Entretien Kewlox).
O4. Développement de produits feuillus innovants. Stratégie jugée prioritaire par les experts (Auer & Rauch, 2021), en écho aux débouchés F9-F10 (Dubois et al., 2020).	**M4. Absence de stratégie coordonnée dédiée au bouleau.** (Dubois et al., 2020 ; Auer & Rauch, 2021)
O5. Renforcer le tissu de scierie wallonne.	**M5. Une politique passive/délétère**. Abandon de la filière et/ou des différentes aides
O6. Valorisation en cascade. A même titre que les feuillus nobles (i.e. chêne).	

Annexe

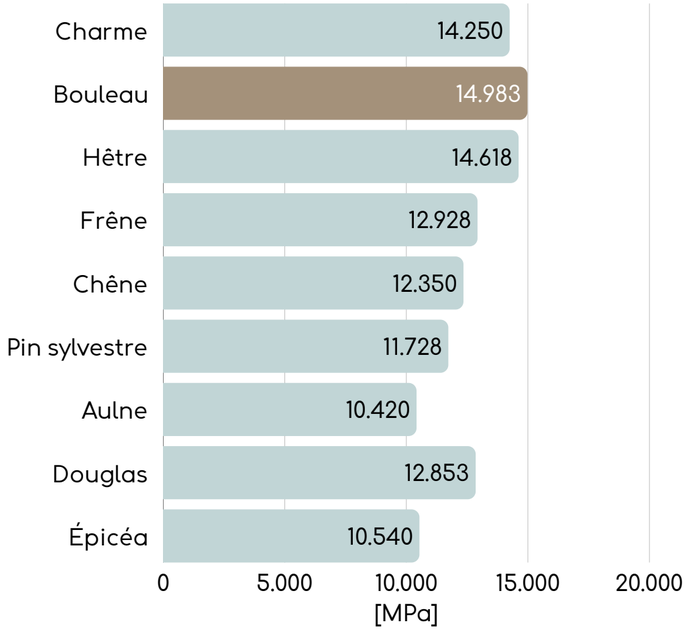
Echelle de mesure	Variables mesurées	Type	Unité
Arbre	ID arbre	Qualitative (facteur)	ID
	Parcelle	Qualitative (facteur)	Baudour/La Roche
	Modalité sylvicole	Qualitative (facteur)	AO/NG
	Diamètre à 1,30m	Quantitative	cm
	Hauteur	Quantitative	m
	Âge	Quantitative	Nb. cerne
	Densité de cerne (RPC arbre)	Quantitative	Nb. cerne /(D130/2)
Planche	Nb. de nœuds avant rabotage	Qualitative	A/B/C/D
	Position dans l'arbre (billon)	Qualitative	A/B/C/D/…
	Profile de planche	Qualitative	Quartier/Faux Quartier/Dosse
	Taux d'humidité avant MOE dyn (TH)	Quantitative	%
	Densité de cerne (RPC planche)	Quantitative	Nb. cerne / cm
	Rigidité (MOE dyn)	Quantitative (à expliquer)	MPa
	Masse volumique (MV)	Quantitative (à expliquer**)	Kg/m³
* à expliquer et explicative			

Matériels :

- le monde **scientifique** (hors faculté) [n = 4] ;
- le monde **industriel** [n = 5] ;
- les **sieurs** et **transformateurs** à petite échelle [n = 6] ;
- la filière bois Wallonie [n = 2] ;
- les **propriétaires** forestiers privés [n ≈ 30] ;
- observation en **chantier de découpe** [>200h]

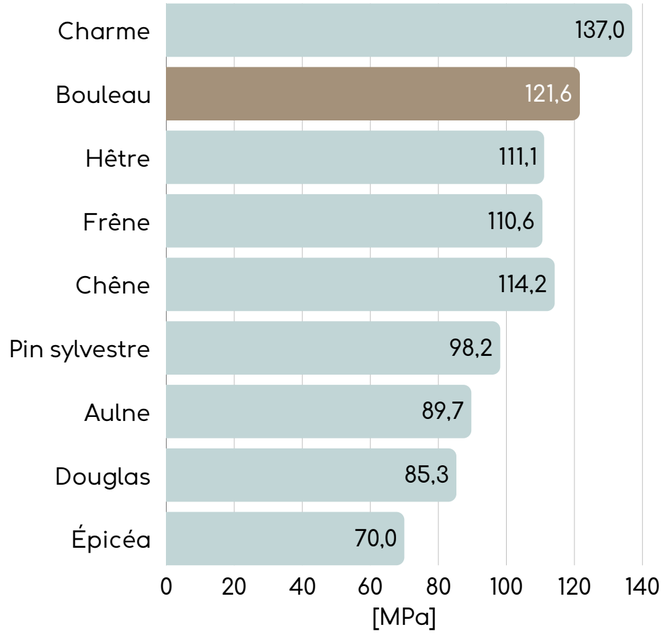
Le bois de bouleau

Module d'élasticité MOE,moy [MPa] en fonction de l'essence.



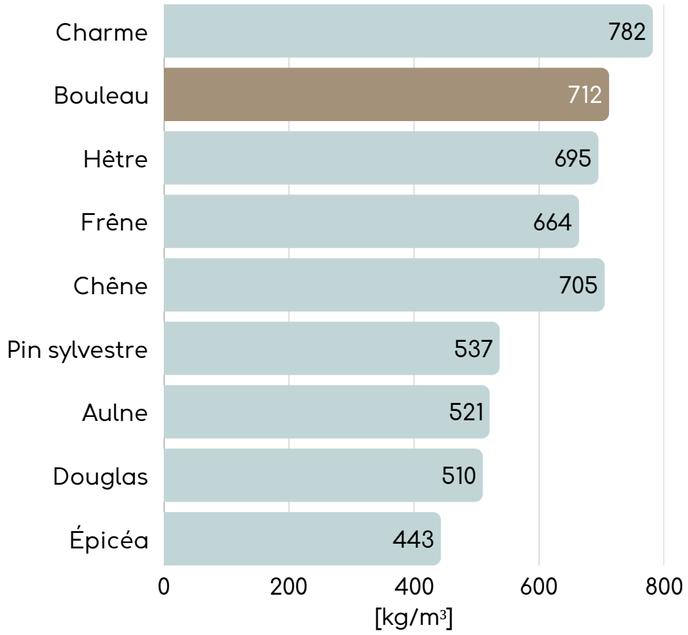


Module de rupture MOR,moy [MPa] en fonction de l'essence.





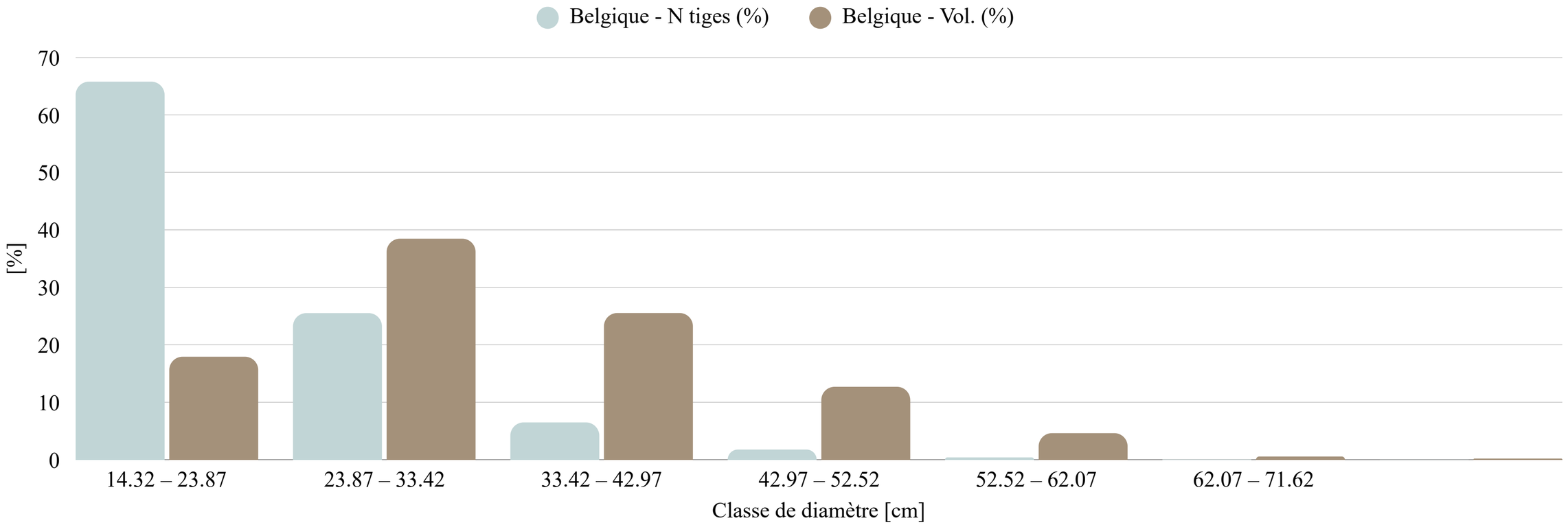
Masse volumique à 12% d'humidité en [kg/m³], en focntion de l'essence.

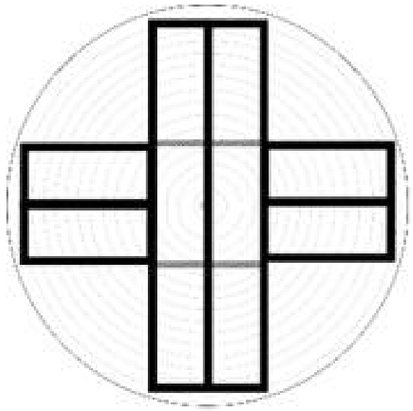




Le bouleau

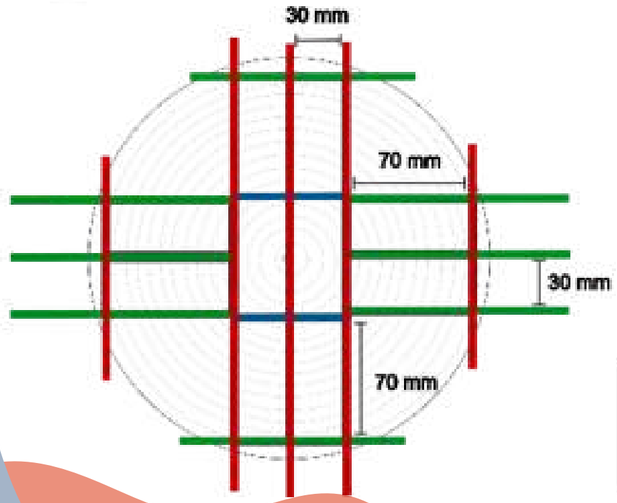
Répartition de la ressource de bouleau en belgique en fonction de la classe de diamètre.

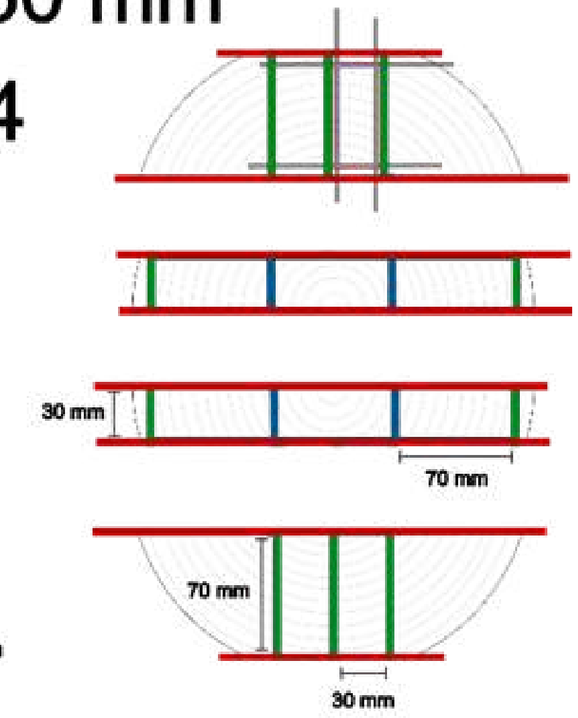




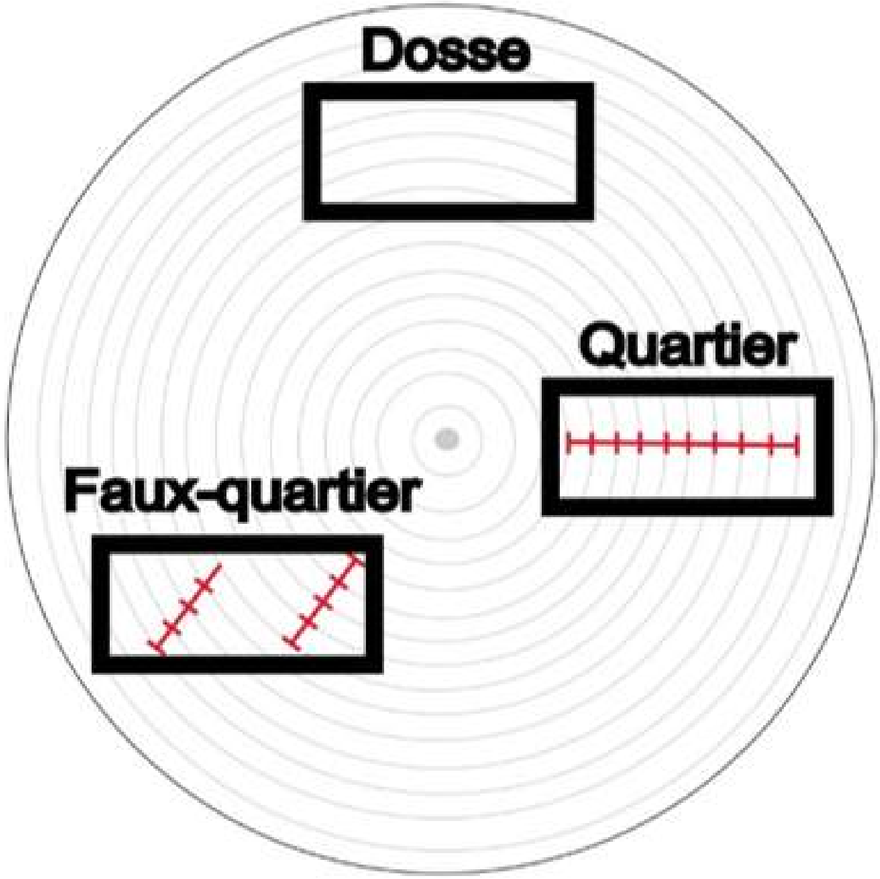
Dmin 250 mm

M4





Découpe sur banc à grumes
Découpe à la scie sur table
Découpe après sechage



Site :	La Roche en Ardenne (n=16)		Baudour (n=18)		Total (n=34)
Sylviculture :	AO (n=4)	NG (n=12)	AO (n=5)	NG (n=13)	
D130 [cm]	29,0 ± 1,6	17,4 ± 3,1	37,1 ± 6,2	16,4 ± 1,8	21,3 ± 8,3
	20,3 ± 5,9		22,1 ± 10,1		
C150 [cm]*	89,3 ± 5,1	53,7 ± 9,5	114,2 ± 18,9	50,5 ± 5,6	65,6 ± 25,6
	62,6 ± 18,0		68,2 ± 31,1		
Volume [m³]*	0,6 ± 0,1	0,2 ± 0,1	1,1 ± 0,3	0,2 ± 0,0	0,38 ± 0,35
	0,3 ± 0,2		0,4 ± 0,4		
Nb. de cerne (âge) [année]	29,0 ± 0,0	32,1 ± 2,8	34 ± 2,9	31,5 ± 2,7	1,69 ± 0,46
	31,3 ± 2,8		32,2 ± 2,9		
RPC_arbre [cerne/cm]	1,0 ± 0,1	1,9 ± 0,2	0,9 ± 0,1	2,0 ± 0 ,2	31,8 ± 2,8
	1,7 ± 0,4		1,7 ± 0,5		
*données issues de calculs réalisés sur R, via le package « gcuber »					

LOTS	
Lot 1	107 échantillons (planches)
Lot 2	378 échantillons (planches)
Total	485 échantillons uniques (planches)
	660 échantillons de 1,30m
	576 échantillons de 1,30 m hors des planches de test de séchage