



Height diameter allometries for 42 European species

Natacha Savine, Thomas Cordonnier,
Gauthier Ligot, Patrick Vallet

Plan



Contexte



Objectifs & hypothèse



Matériel & Méthode



Résultats



Discussion

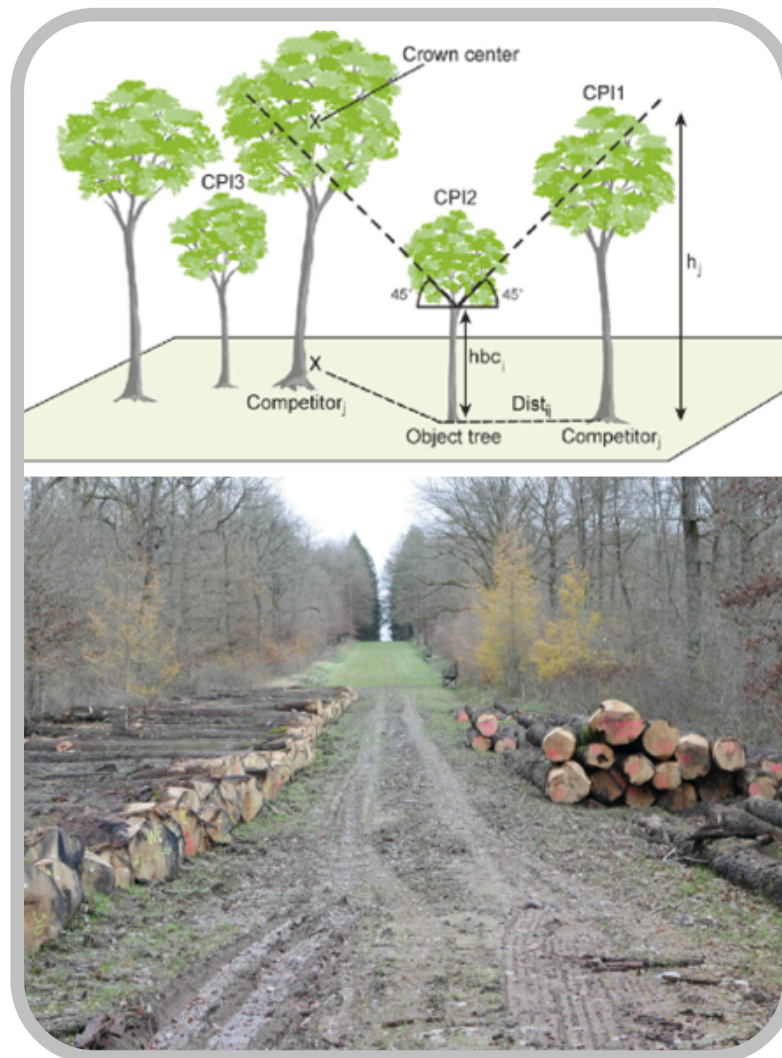


Perspectives



Allométries

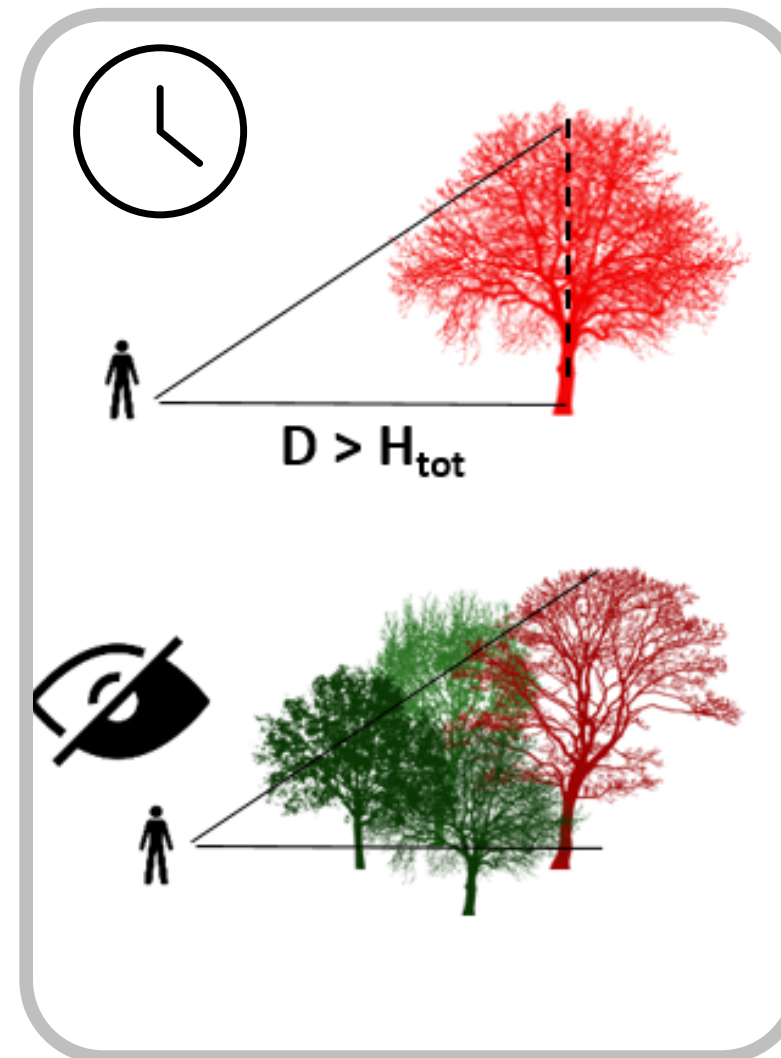
Information sur la compétition &
Estimation des services
écosystémiques



(Da Cunha et al., 2016)

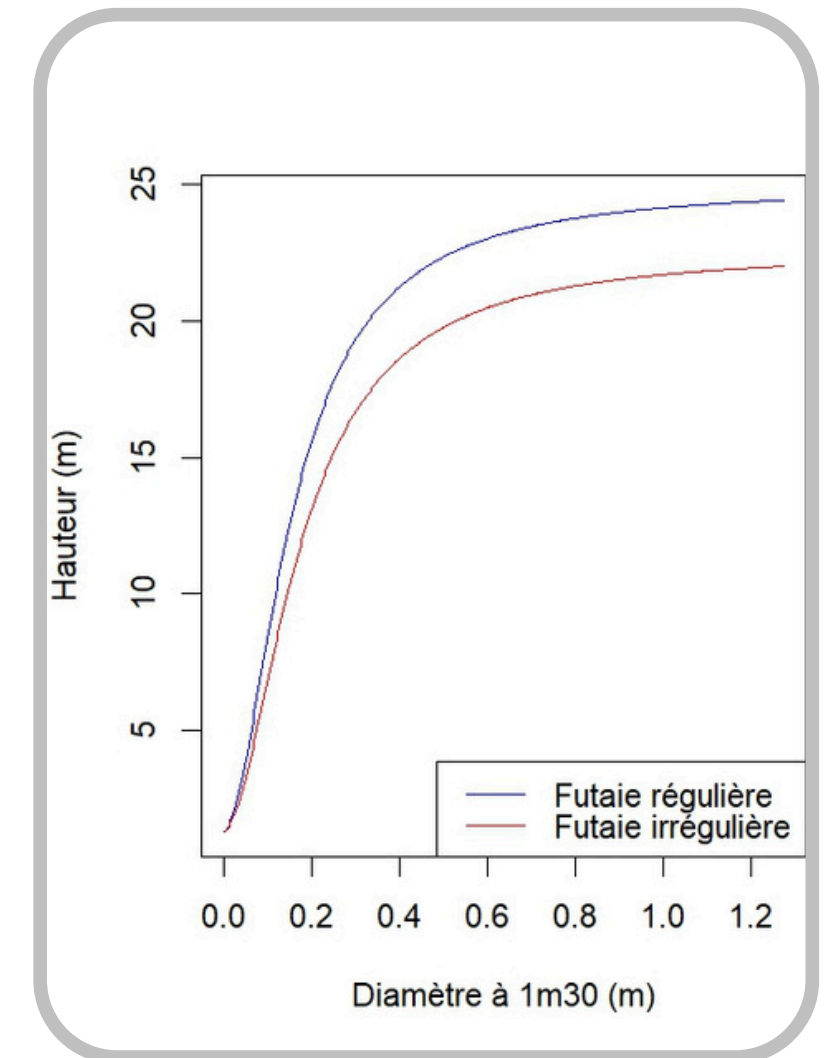
- Production de bois
- Stockage du carbone

Mesure complexe de la
hauteur



- Précision
- Difficulté du protocole
- Temps

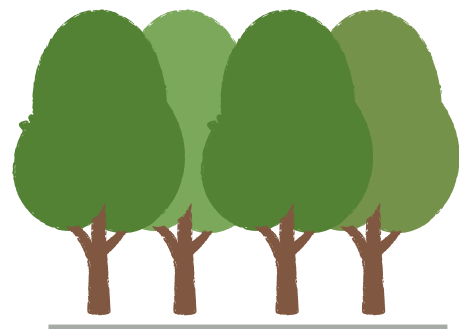
Relation diamètre -
hauteur



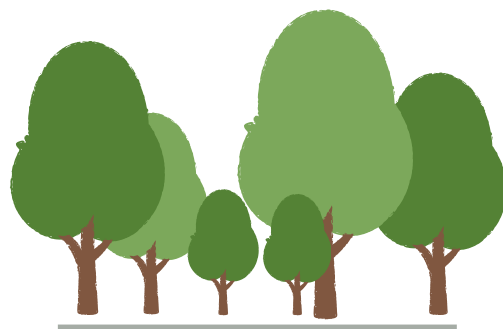
Exemple : effet de la
structure du peuplement

Caractéristiques des peuplements

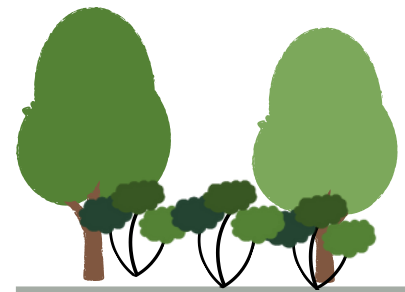
Différentes structures



Futaie
Régulière



Futaie
Irrégulière



Futaie -
Taillis

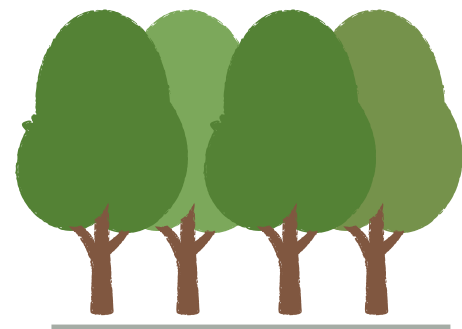


Taillis

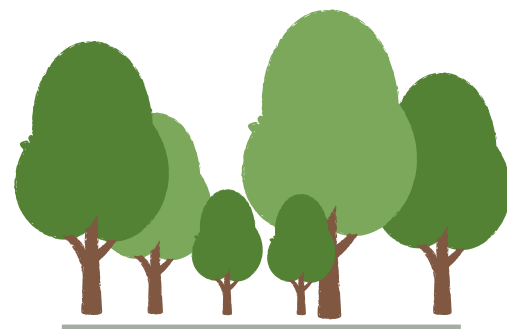
=> Différentes relations de compétitions

Caractéristiques des peuplements

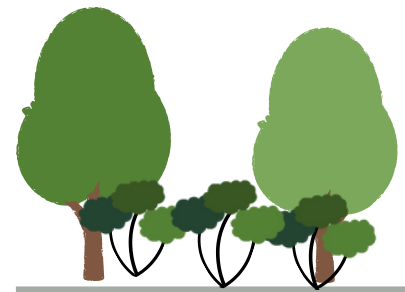
Différentes structures



Futaie
Régulière



Futaie
Irrégulière

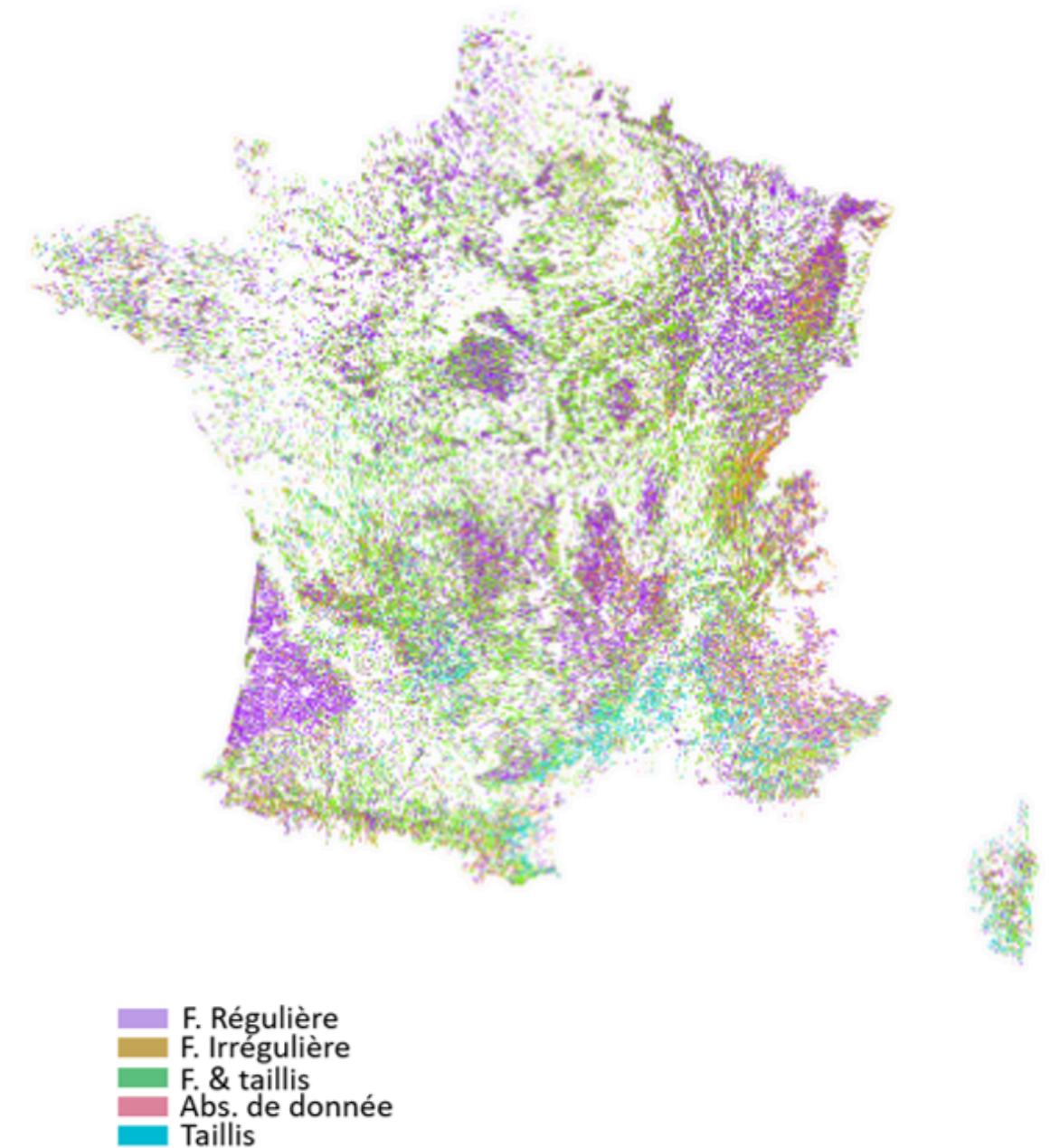


Futaie -
Taillis



Taillis

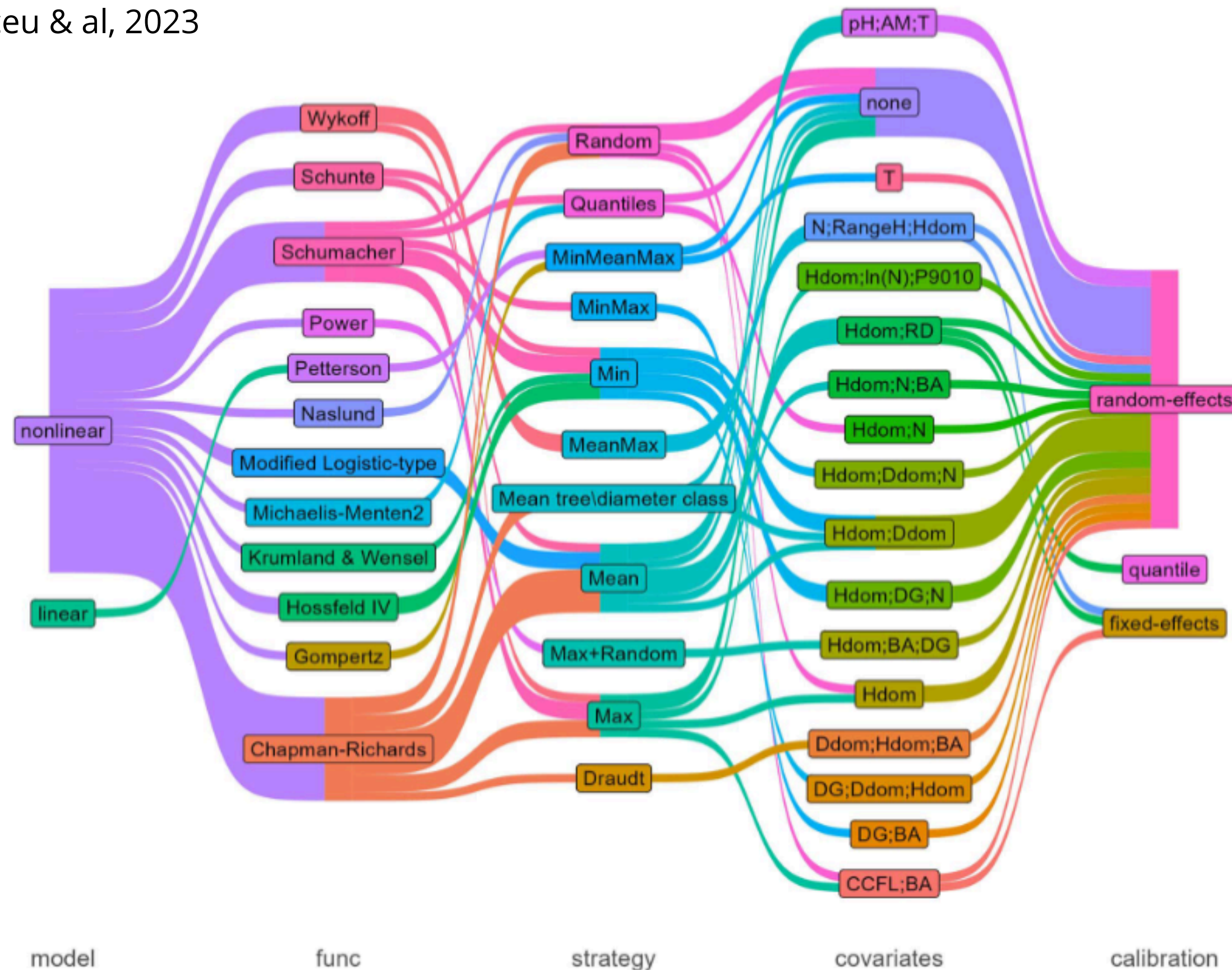
=> Différentes relations de compétitions



58 % de futaies régulières
42 % Autres

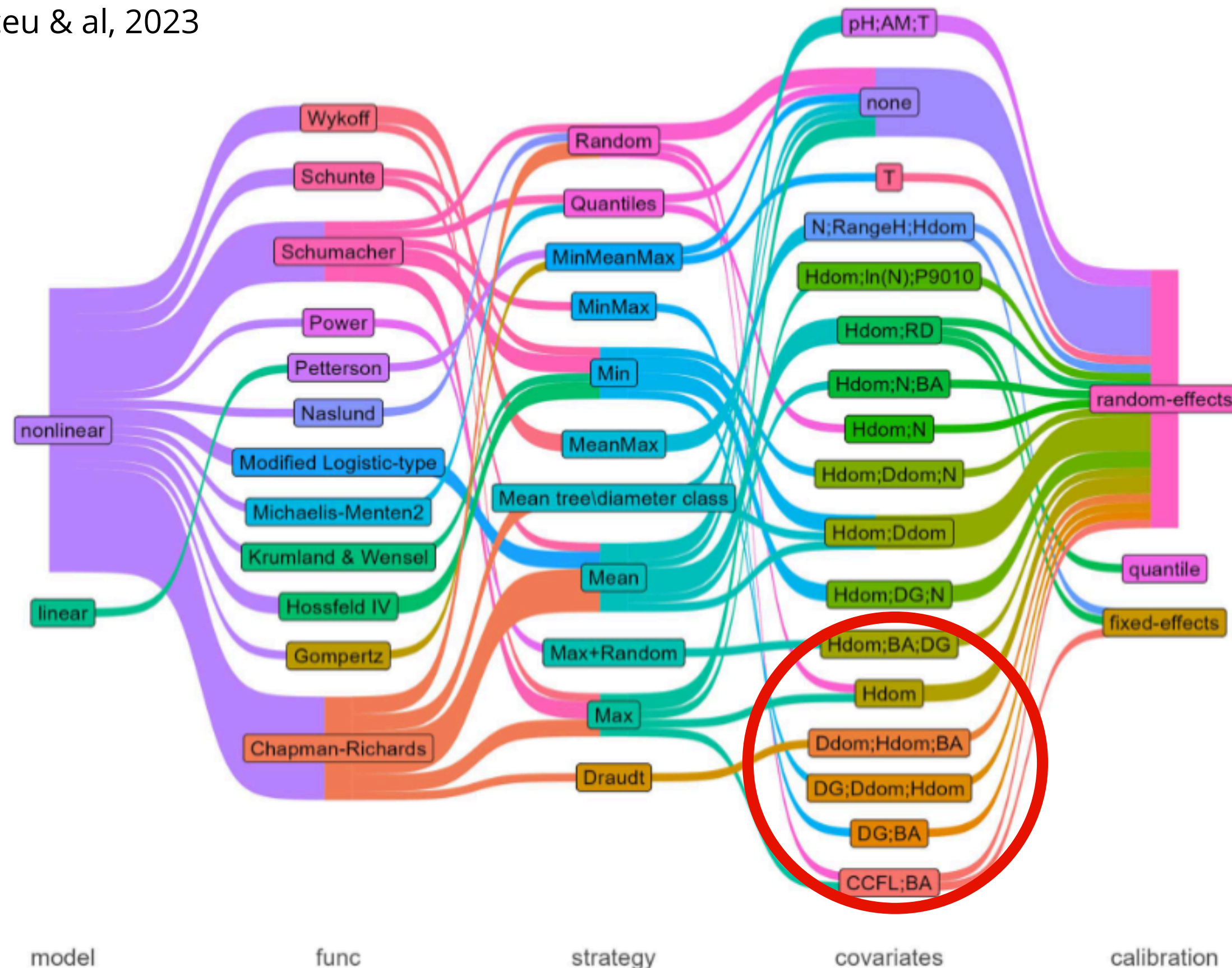
Variables utilisées

Ciceu & al, 2023



Variables utilisées

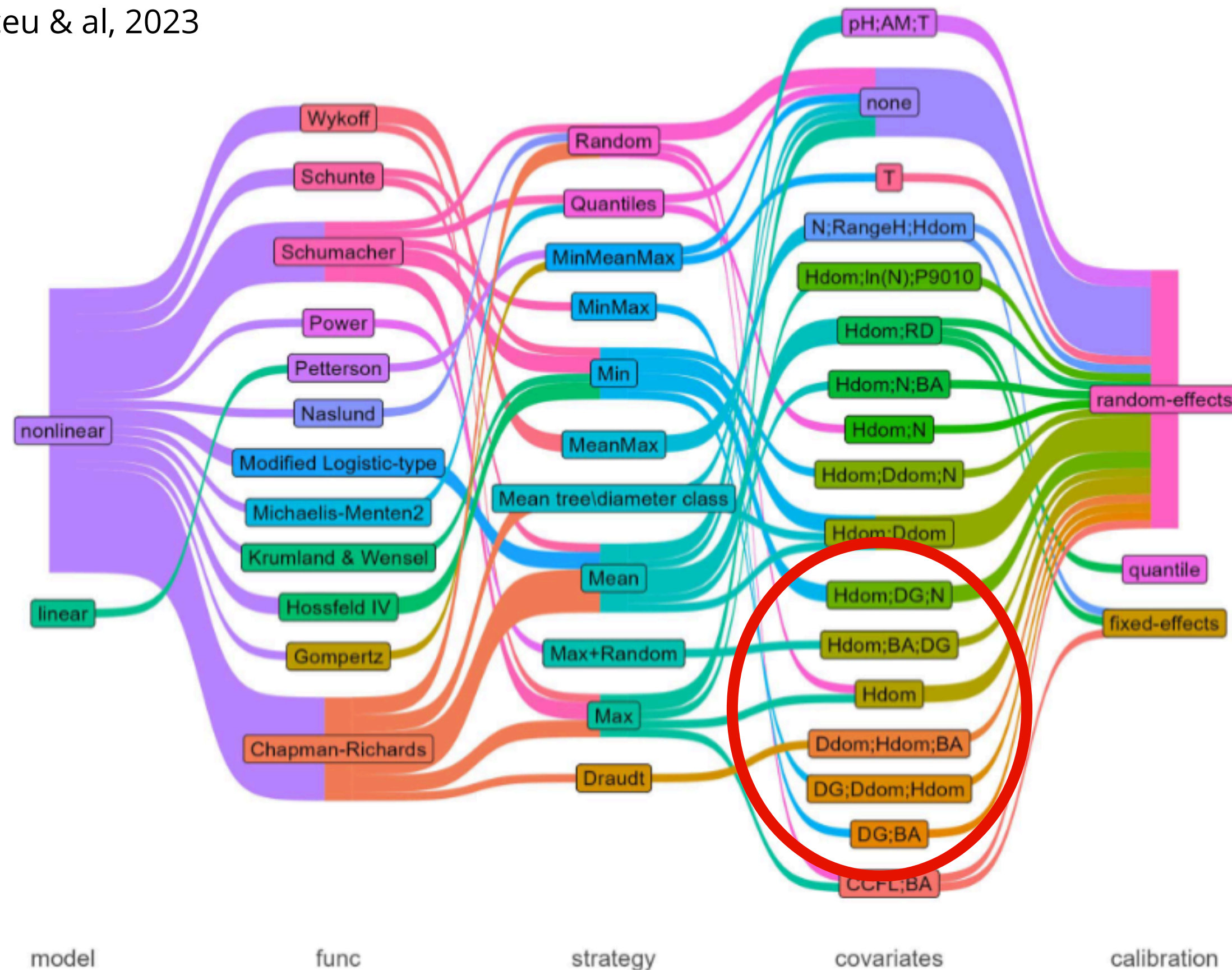
Ciceu & al, 2023



- Surface terrière

Variables utilisées

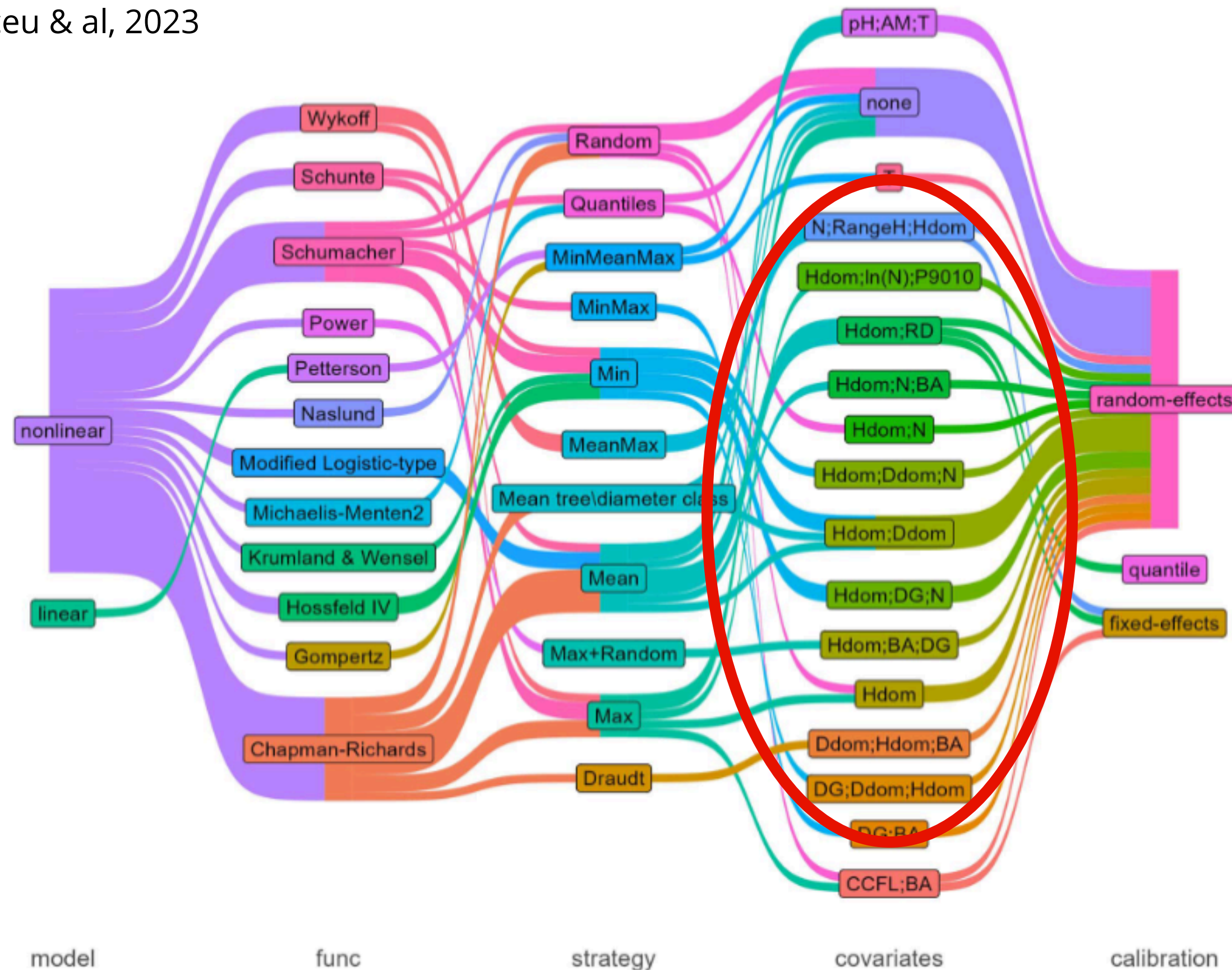
Ciceu & al, 2023



- Surface terrière
- Diamètre quadratique moyen

Variables utilisées

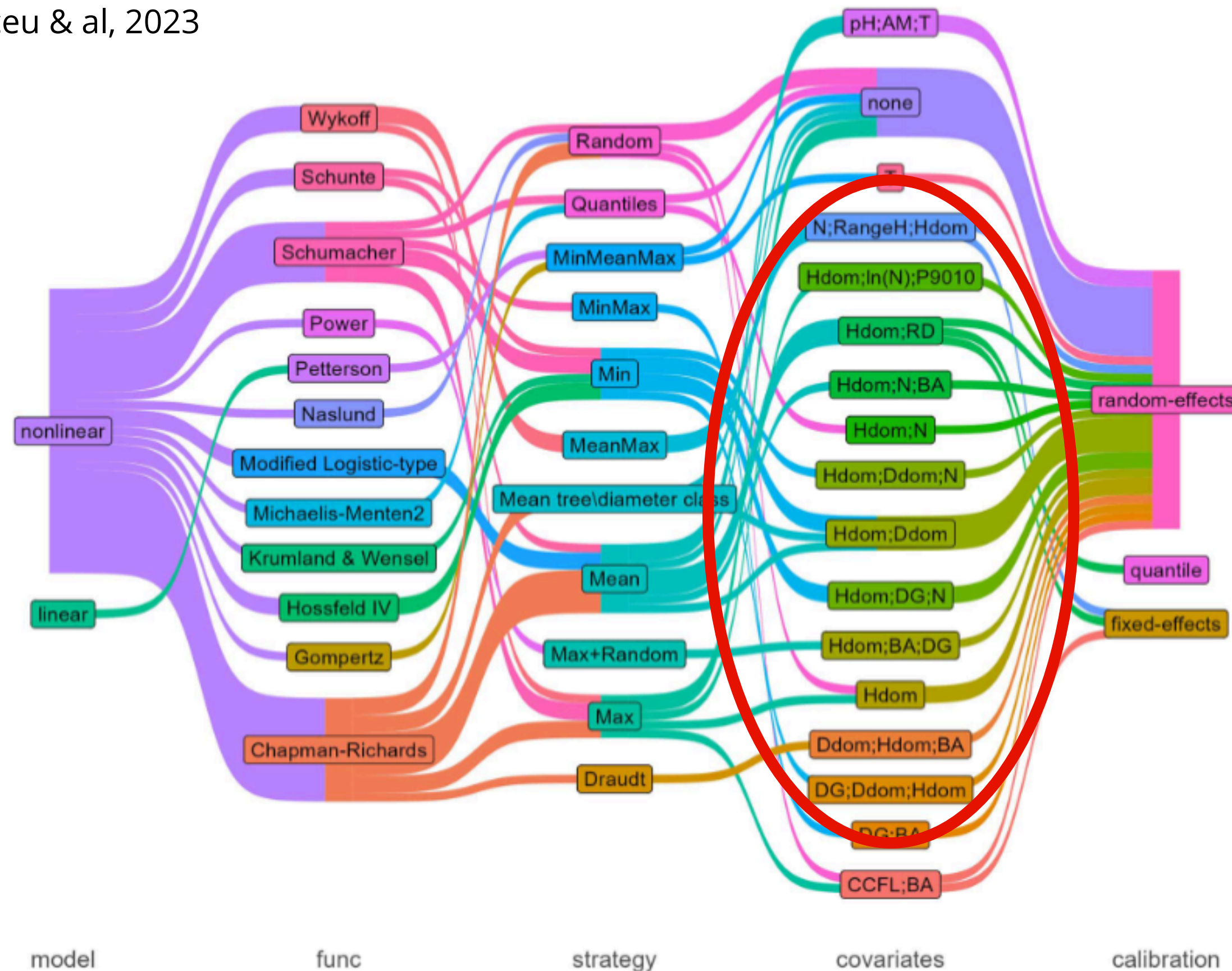
Ciceu & al, 2023



- Surface terrière
- Diamètre quadratique moyen
- Hauteur dominante

Variables utilisées

Ciceu & al, 2023



- Surface terrière
- Diamètre quadratique moyen
- Hauteur dominante
- Diamètre relatif

Plan



Contexte



Objectifs & hypothèse



Matériel & Méthode



Résultats



Discussion

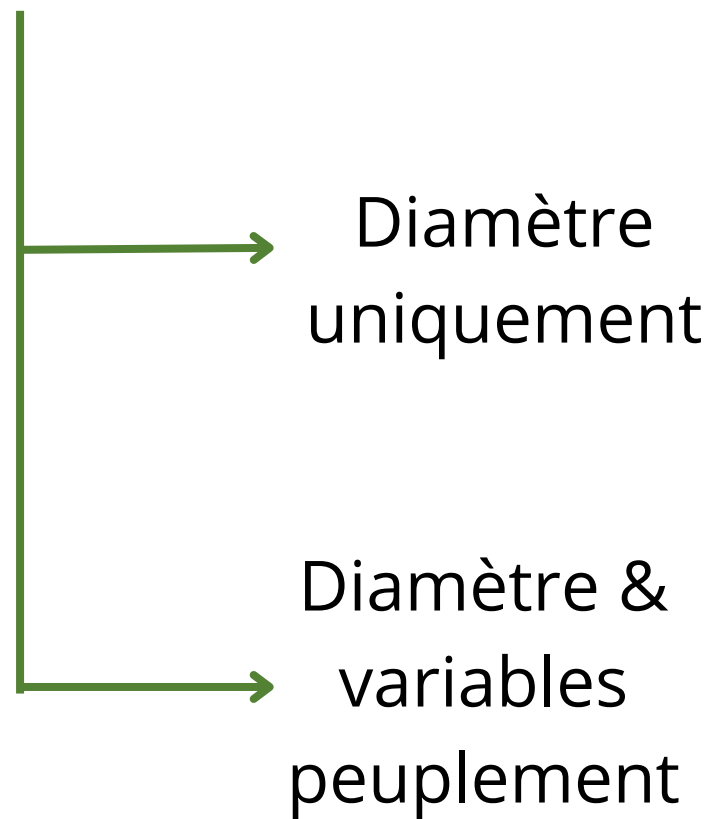


Perspectives



1

Développement de plusieurs
séries de modèles



1

Développement de plusieurs
séries de modèles

2

Étude de l'influence
des variables du peuplement

Diamètre
uniquement

Diamètre &
variables
peuplement

Hypothèse : La relation diamètre - hauteur des
arbres est influencée par les différences de
compétition au sein des peuplements forestiers

1

Développement de plusieurs
séries de modèles

2

Étude de l'influence
des variables du peuplement

3

Résultats scientifiques et
outils les plus précis possibles

Diamètre
uniquement

Diamètre &
variables
peuplement

Hypothèse : La relation diamètre - hauteur des
arbres est influencée par les différences de
compétition au sein des peuplements forestiers

- Modèles **exhaustifs**,
génériques et
pratiques d'utilisation
- Connaissances en
écologie forestière
- **Outils** pour les
gestionnaires

1

Développement de plusieurs
séries de modèles

2

Étude de l'influence
des variables du peuplement

3

Résultats scientifiques et
outils les plus précis possibles

7

Diamètre
uniquement

Diamètre &
variables
peuplement

Hypothèse : La relation diamètre - hauteur des
arbres est influencée par les différences de
compétition au sein des peuplements forestiers

- Modèles **exhaustifs**,
génériques et
pratiques d'utilisation

- Connaissances en
écologie forestière

- **Outils** pour les
gestionnaires

↓
**Recalibration locale des
modèles**

Plan



Contexte



Objectifs & hypothèse



Matériel & Méthode



Résultats



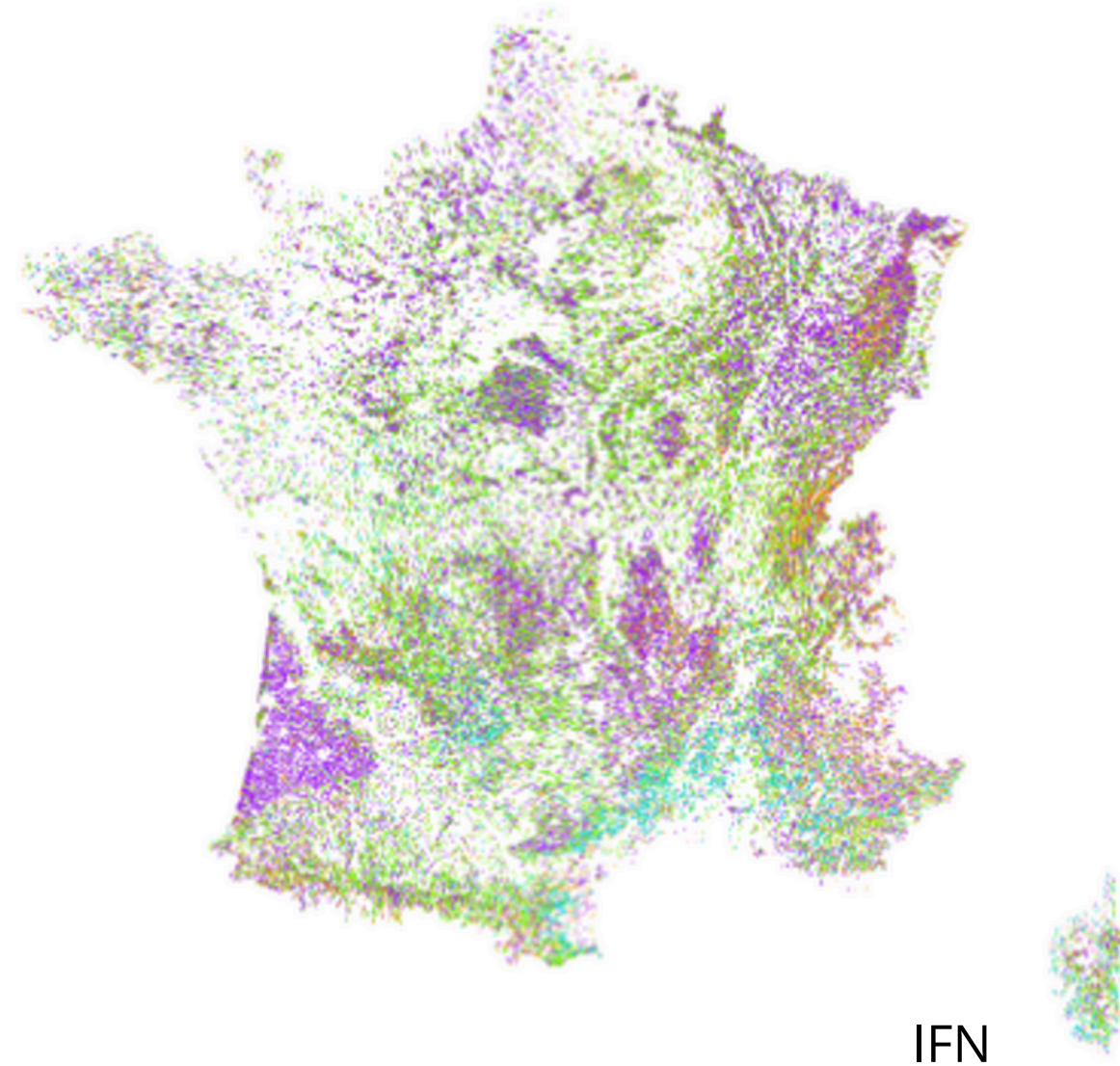
Discussion



Perspectives

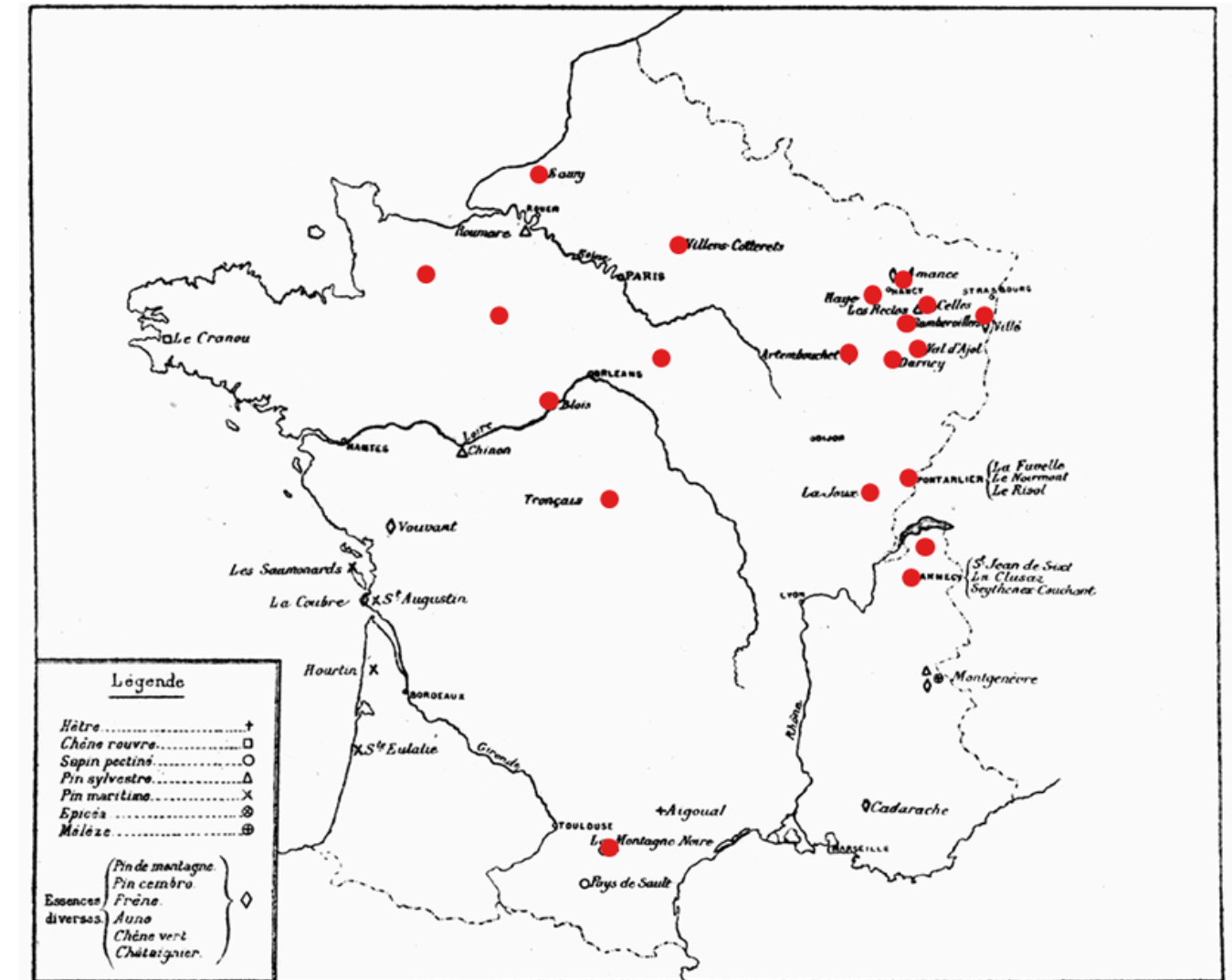


Jeu de calibration



- 171 espèces
- Plus de 800 000 hauteurs

Jeu de validation



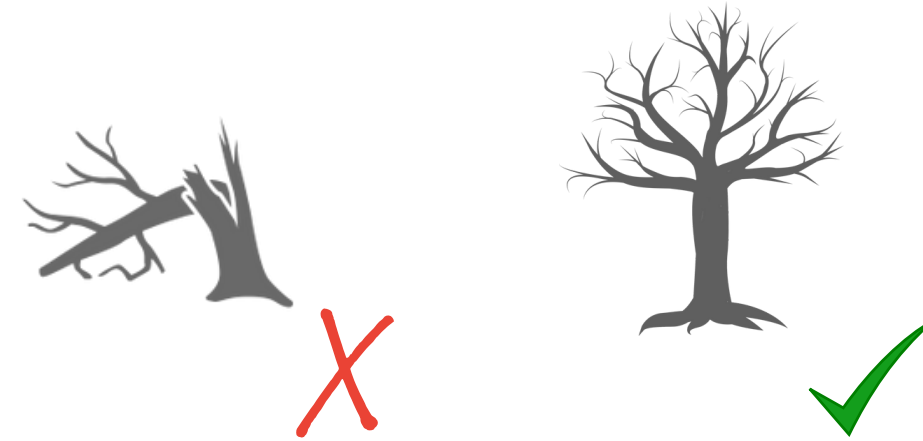
Situation au 1^{er} octobre 1930 des places d'expériences destinées à l'étude des principales essences forestières.

(Vallet et al., 2006)

- 6 espèces
- 4 199 hauteurs

Principe général

IFN 2005 - 2022 / Sélection des données



Principe général

IFN 2005 - 2022 / Sélection des données

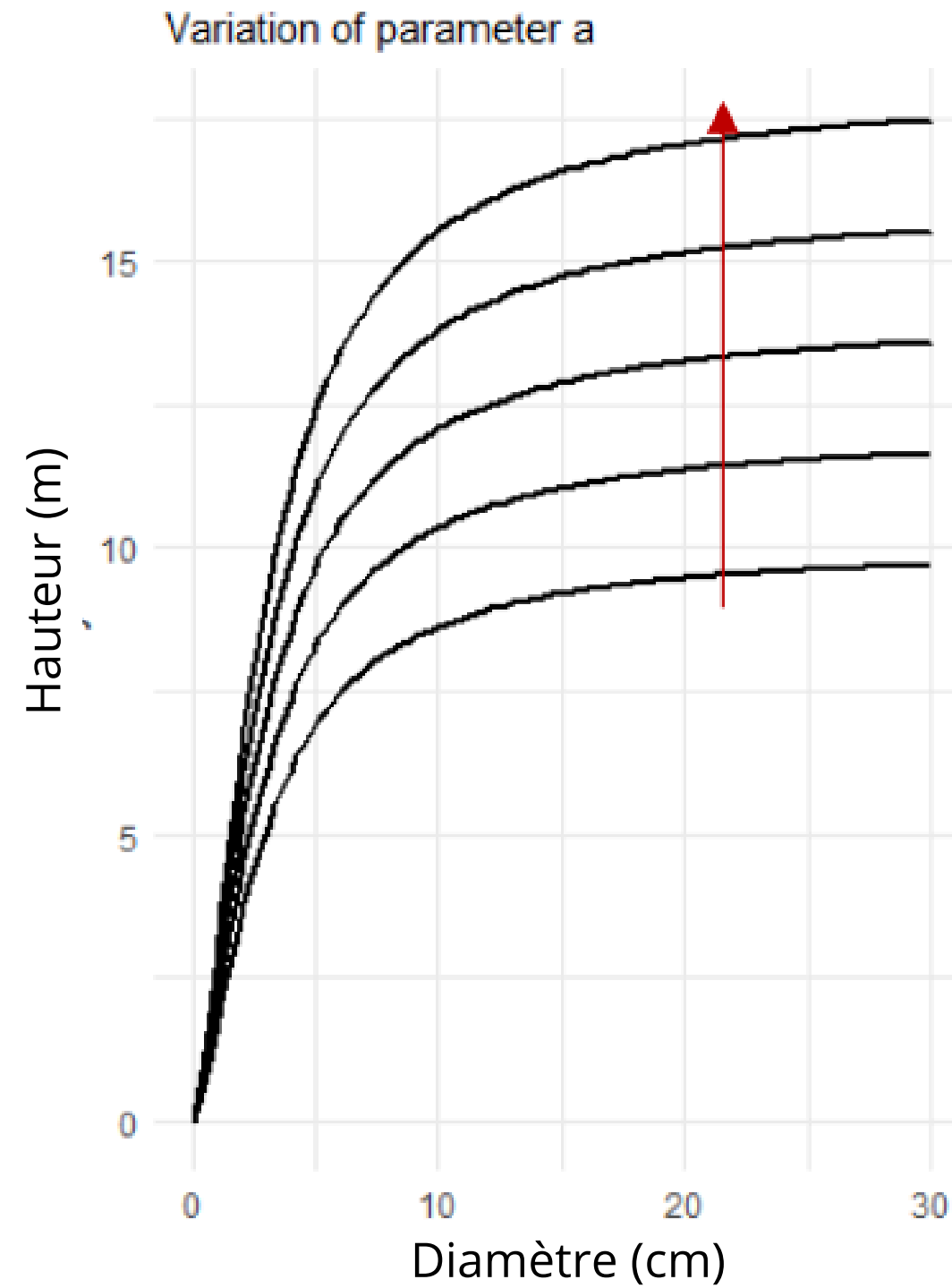


Calibration de modèles espèce - spécifiques
(Modèles à effets mixtes)

$$h_{tot} = 1,3 + (1 + a_{idp}) * \frac{a}{1 + \frac{b}{x^c}}$$

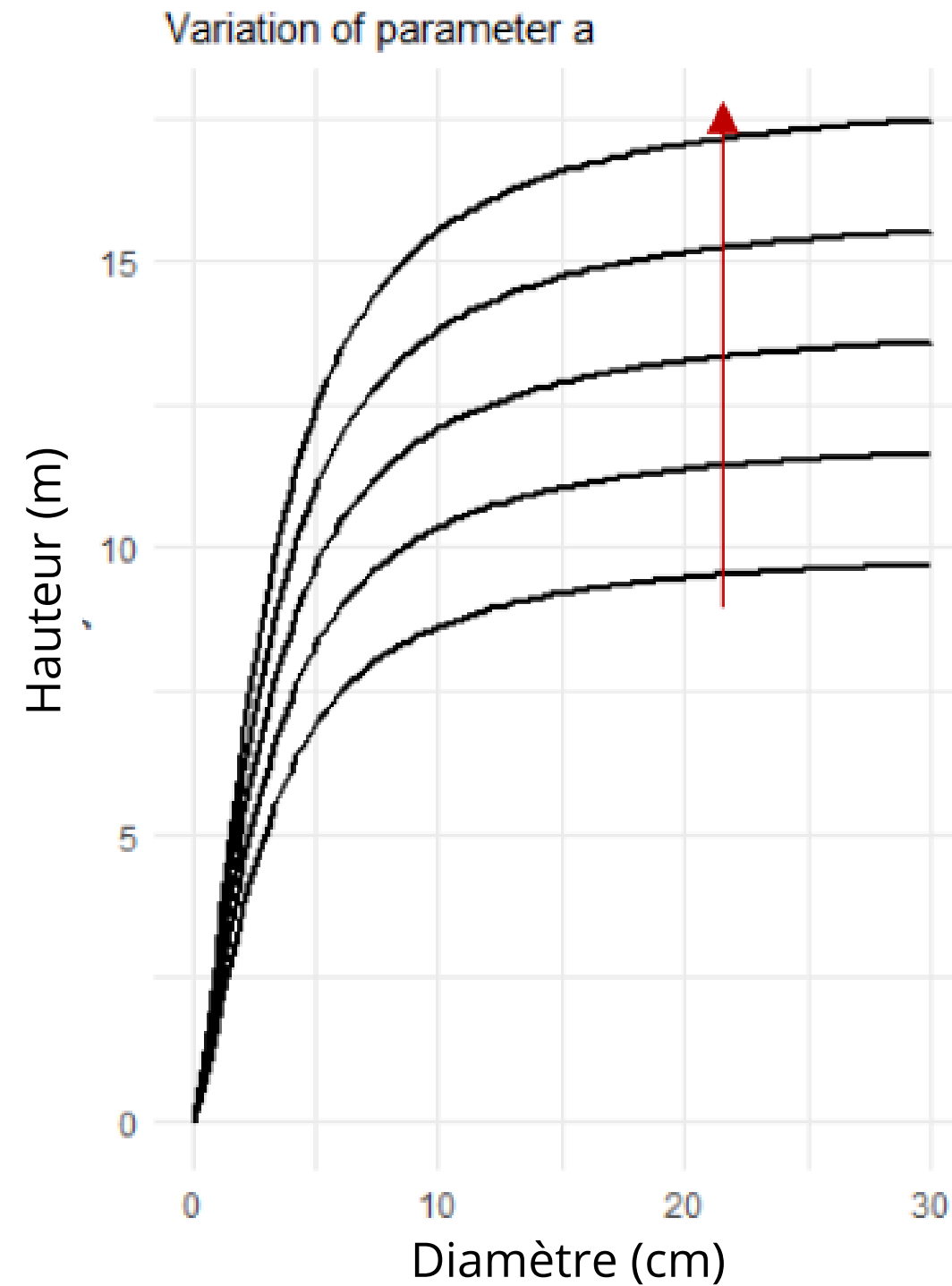
(Elfving et Kiviste, 1997)

Principe général

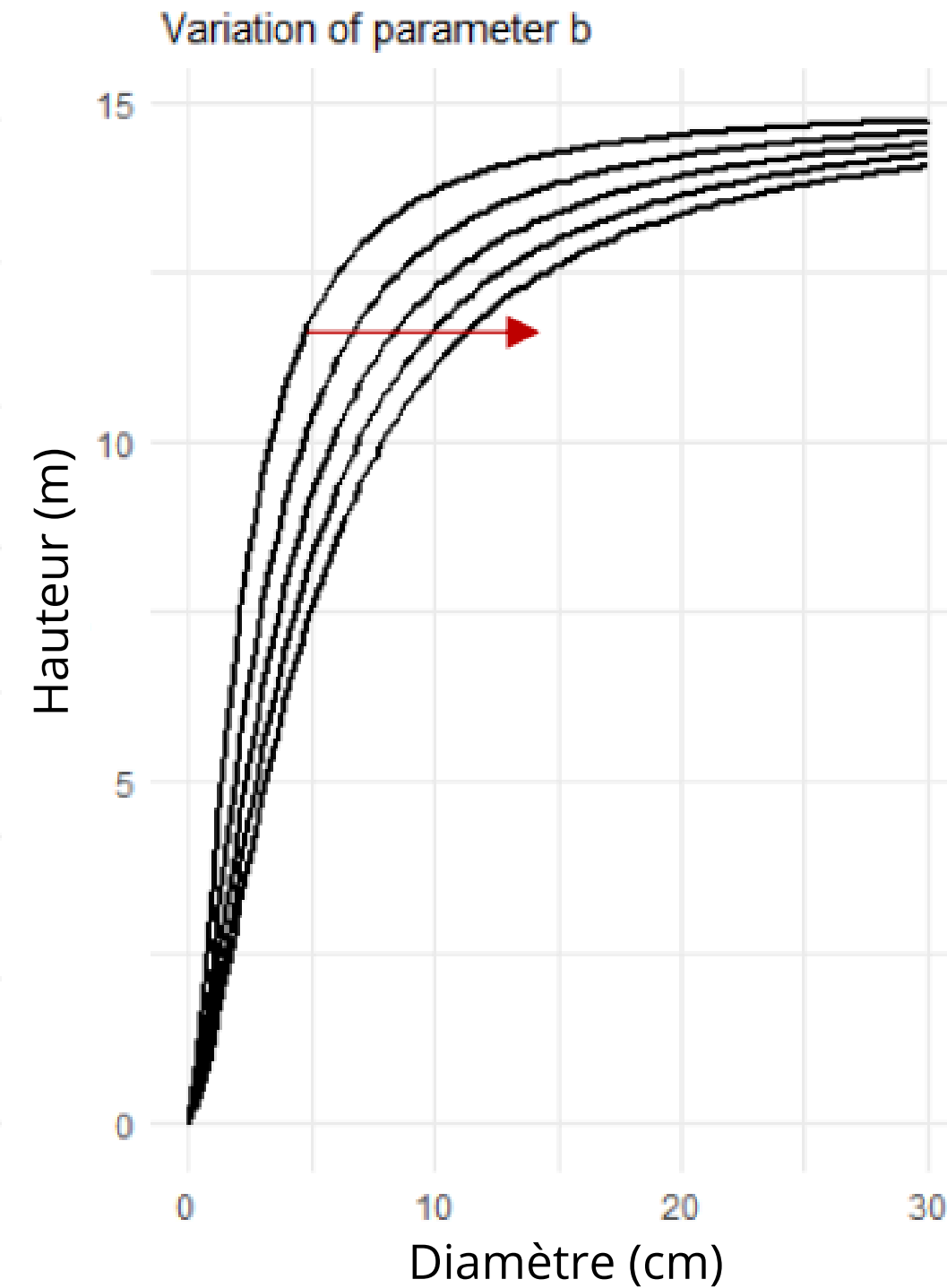


a = Valeur asymptotique

Principe général



a = Valeur asymptotique



b = fonction du diamètre de demi
asymptote

Principe général

IFN 2005 - 2022 / Sélection des données



Calibration de modèles espèce - spécifiques
(Modèles à effets mixtes)

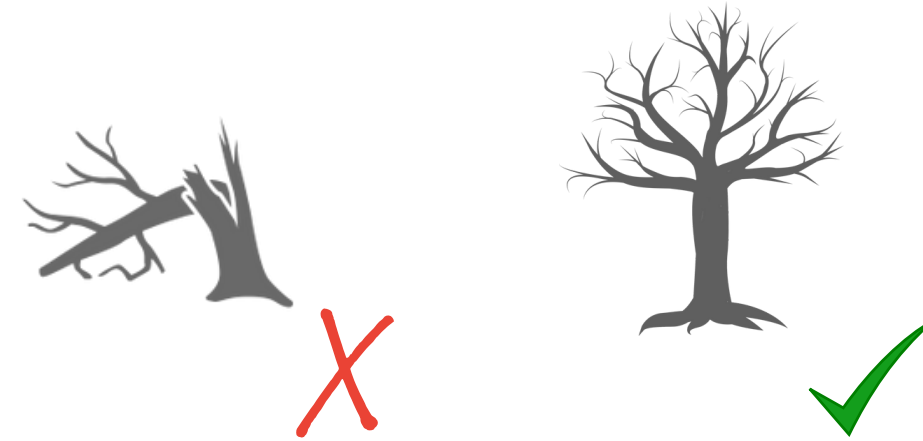
$$h_{tot} = 1,3 + (1 + a_{idp}) * \frac{a}{1 + \frac{b}{x^c}}$$

Recalibration locale

Estimation de l'effet site

Principe général

IFN 2005 - 2022 / Sélection des données



Calibration de modèles espèce - spécifiques
(Modèles à effets mixtes)

$$h_{tot} = 1,3 + (1 + a_{idp}) * \frac{a}{1 + \frac{b}{x^c}}$$

Recalibration locale

Estimation de l'effet site

Validation

1

Sans effet site

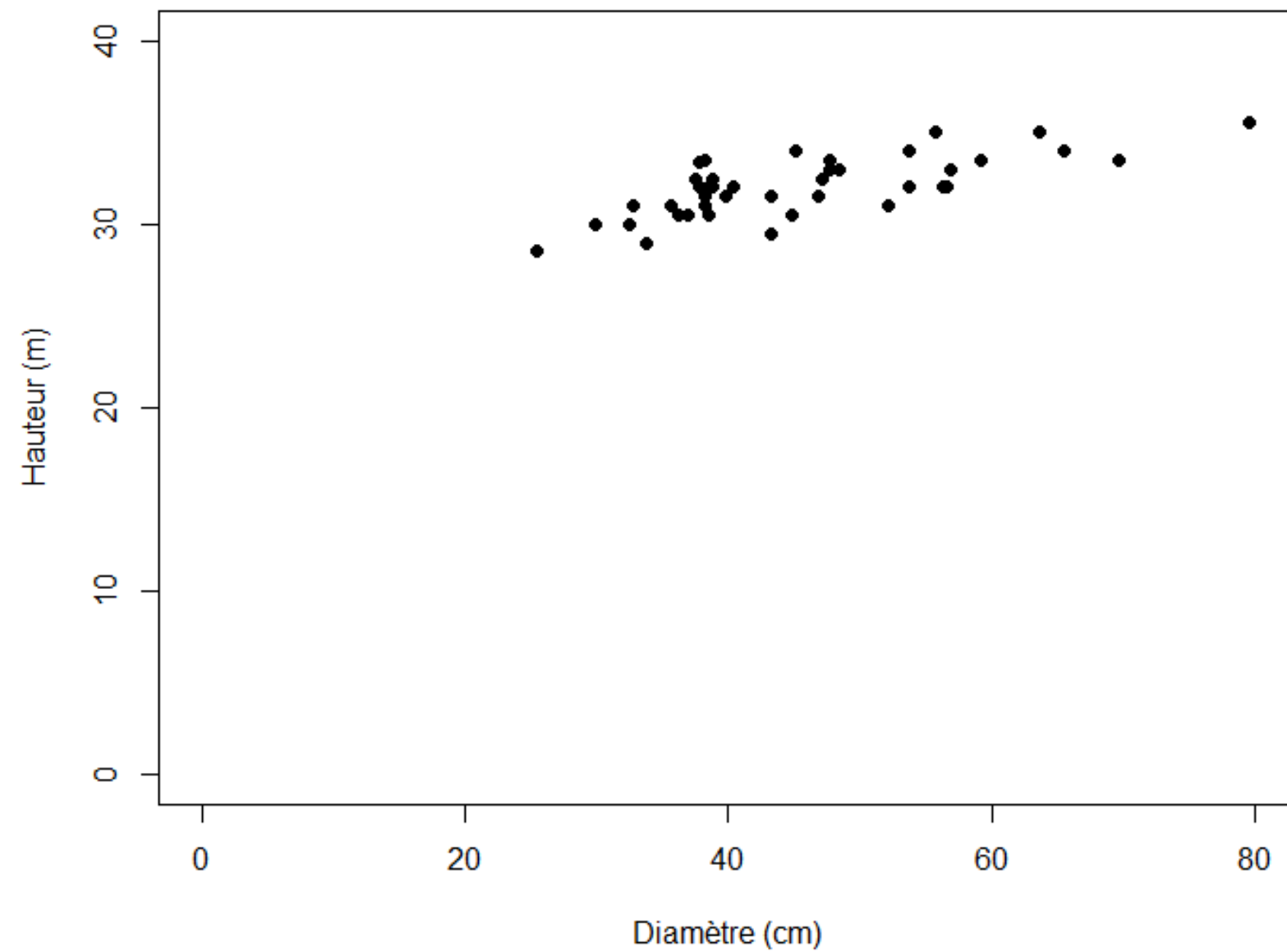
2

Avec effet site recalibré

Recalibration

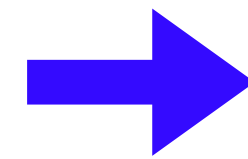
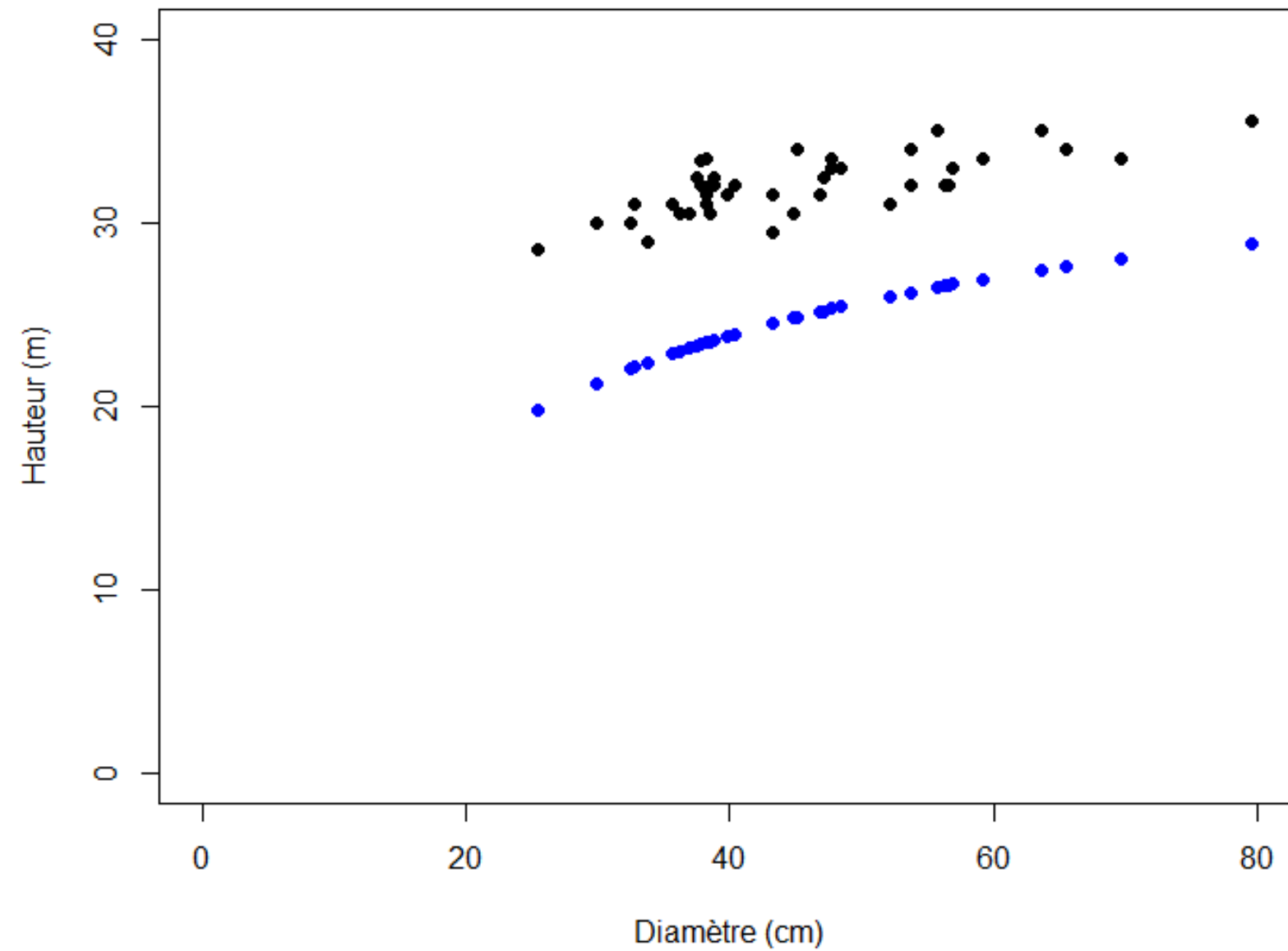
Placette du jeu de validation

Hêtre - *Fagus sylvatica*



Recalibration

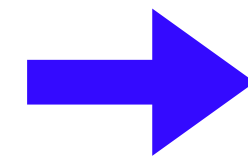
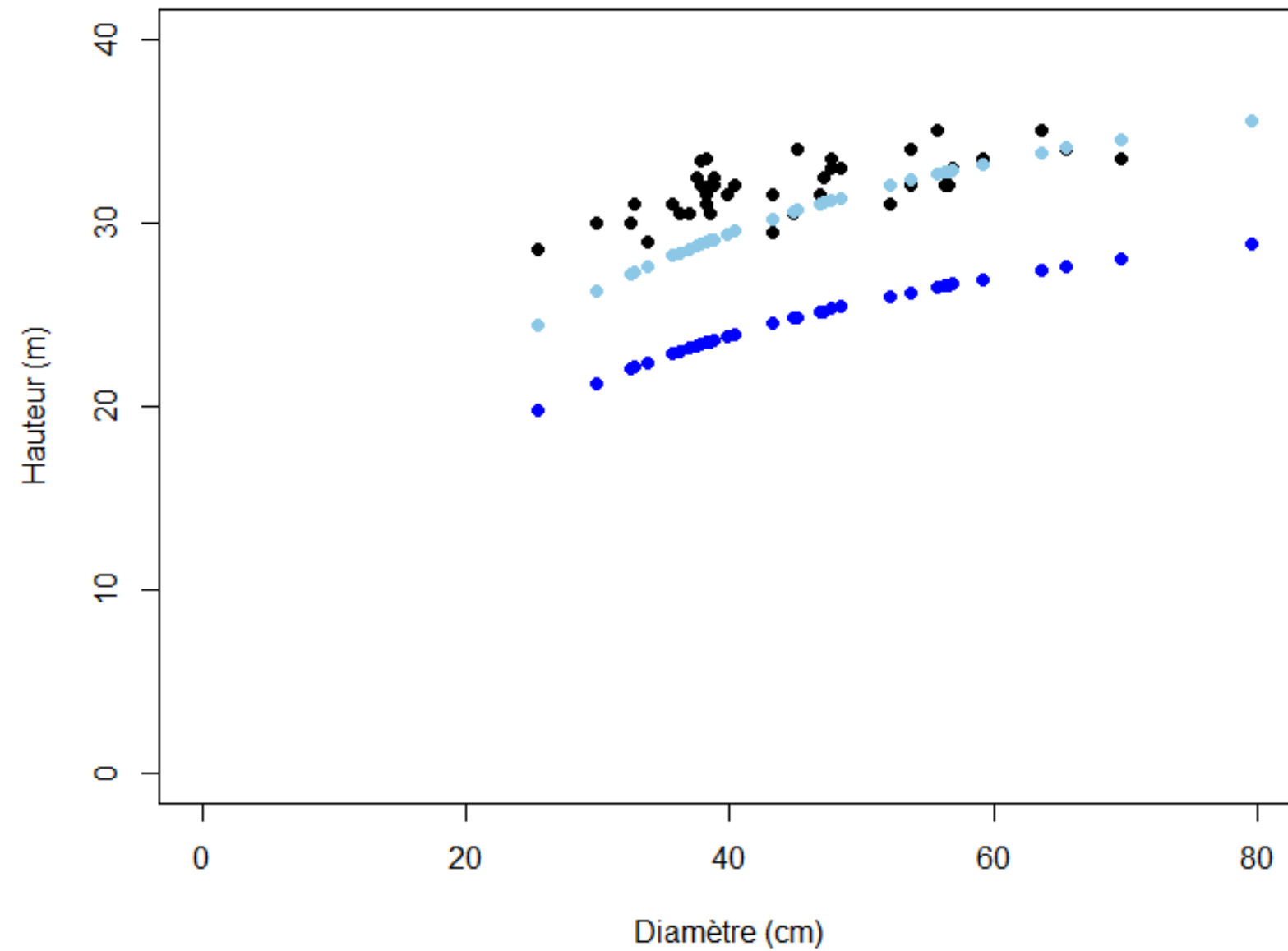
Placette du jeu de validation
Hêtre - *Fagus sylvatica*



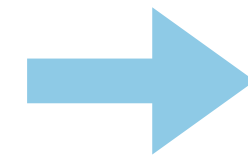
Estimation sans effet site

Recalibration

Placette du jeu de validation
Hêtre - *Fagus sylvatica*



Estimation sans effet site

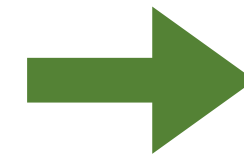
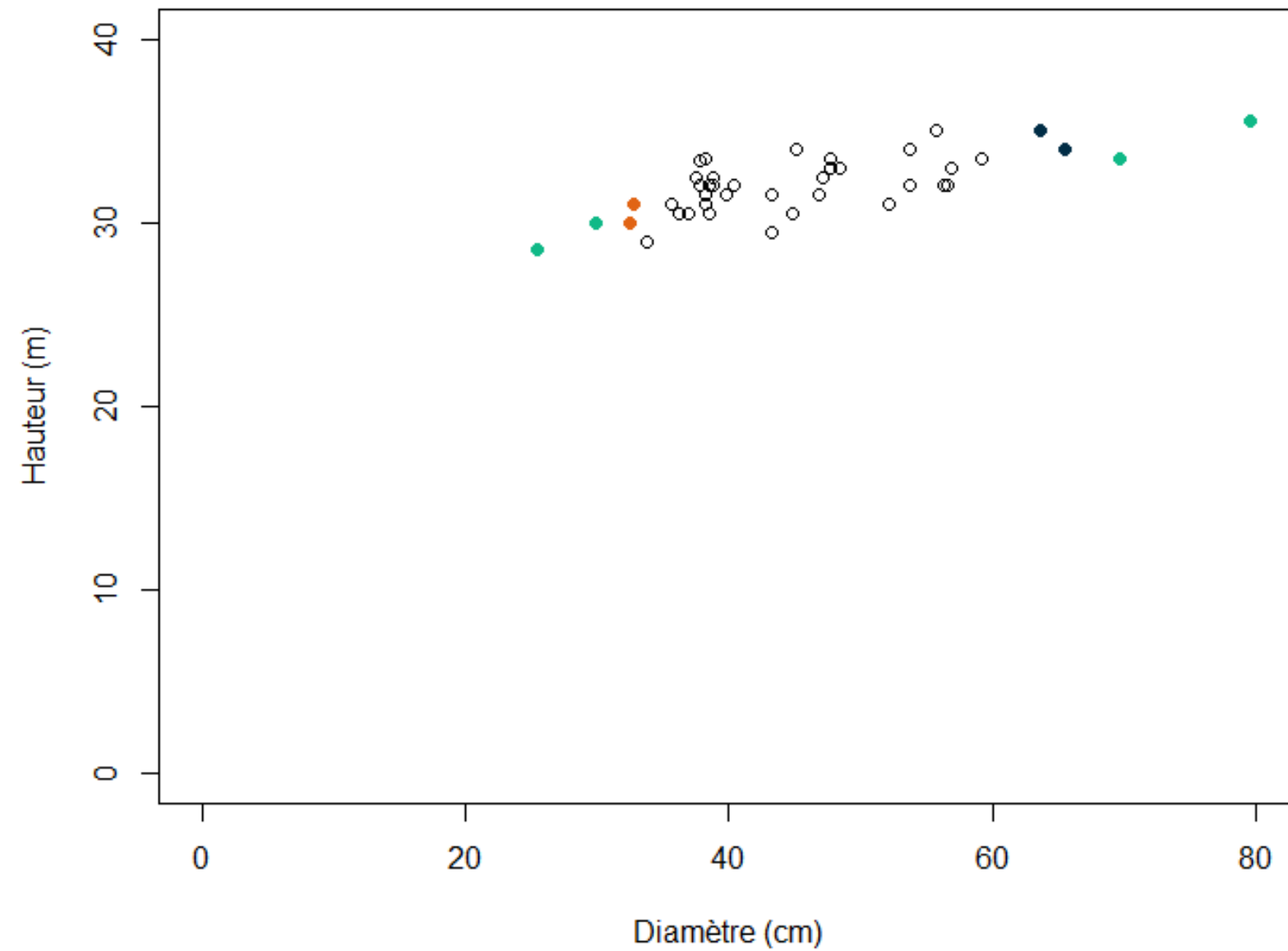


Estimation avec effet site

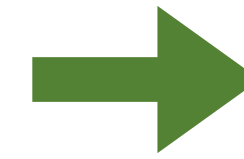
Recalibration

Placette du jeu de validation

Hêtre - *Fagus sylvatica*



Quels arbres utiliser ?



Combien d'arbres?

Plan



Contexte



Objectifs & hypothèse



Matériel & Méthode



Résultats



Discussion



Perspectives



Equations

$$h_{tot} = f(\text{variables peuplement})$$

$$h_{tot} = 1,3 + (1 + a_{idp}) * \frac{a}{1 + \frac{b}{x^c}}$$

Structure + Surface terrière +
Diamètre quadratique moyen

Structure +
Surface terrière

Diamètre relatif / statut
social

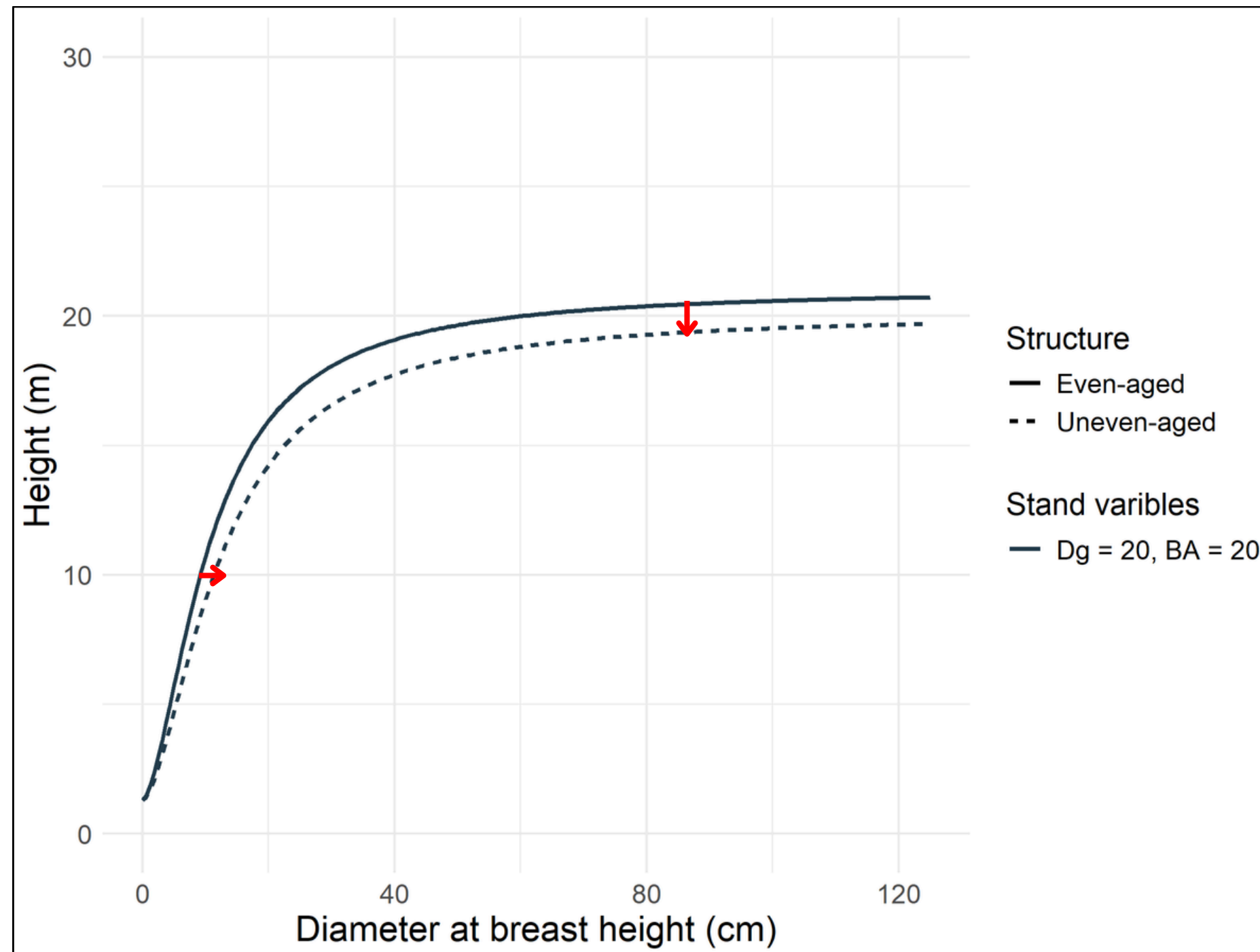
Modèles obtenus

Effets :

→ **Structure :**

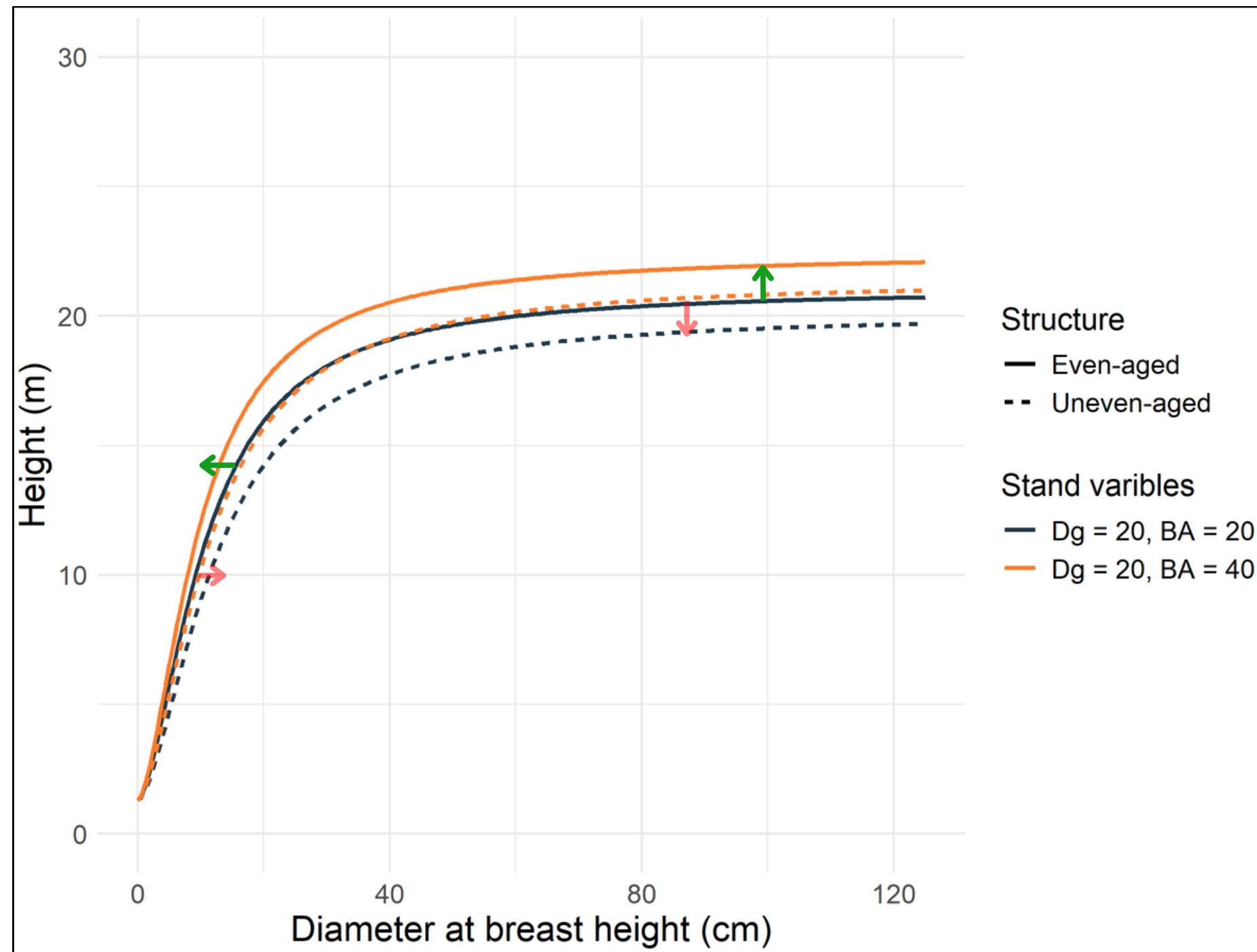
- Valeur asymptotique plus faible en futaie irrégulière
- Augmentation du diamètre de demi-asymptote en futaie irrégulière

Quercus robur



Modèles obtenus

Quercus robur



Effets :

→ **Structure :**

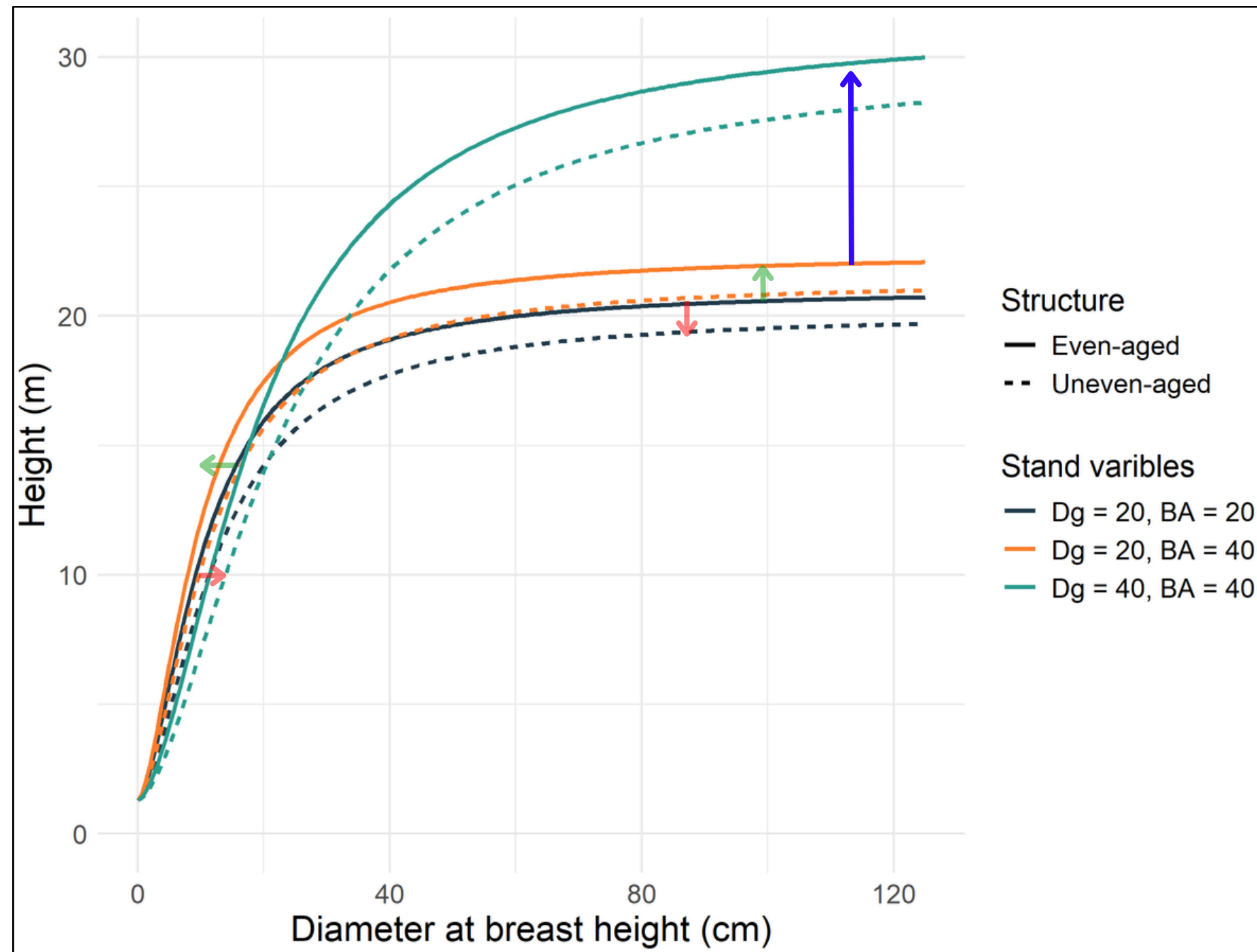
- Valeur asymptotique plus faible en futaie irrégulière
- Augmentation du diamètre de demi-asymptote en futaie irrégulière

→ **Surface terrière :**

- Valeur asymptotique augmentée
- Diamètre de demi asymptote réduit

Modèles obtenus

Quercus robur



Effets :

→ Structure :

- Valeur asymptotique plus faible en futaie irrégulière
- Augmentation du diamètre de demi-asymptote en futaie irrégulière

→ Surface terrière :

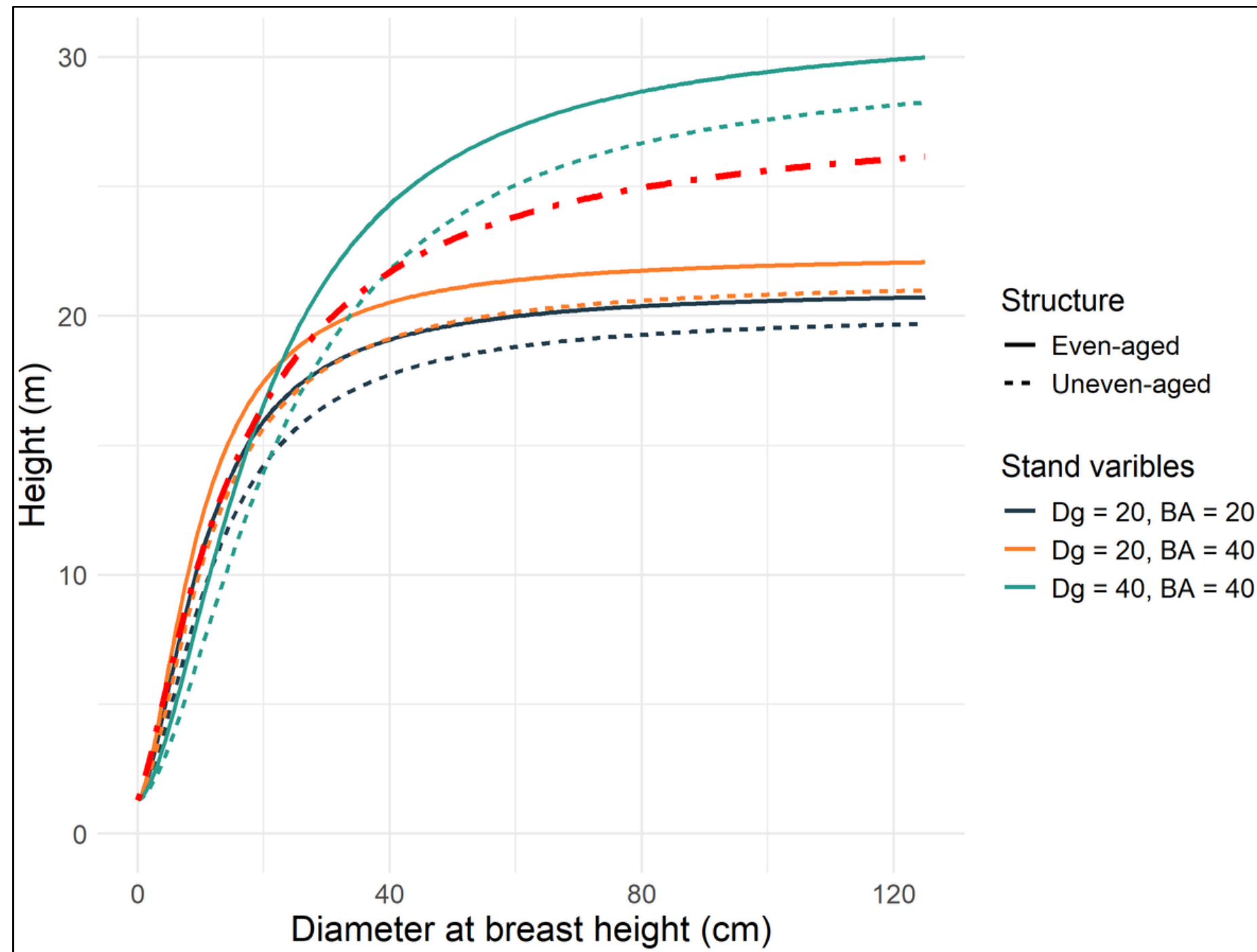
- Valeur asymptotique augmentée
- Diamètre de demi asymptote réduit

→ Diametre quadratique moyen

- Valeur asymptotique augmentée

Modèles obtenus

Quercus robur



Effets :

→ **Structure :**

- Valeur asymptotique plus faible en futaie irrégulière
- Augmentation du diamètre de demi-asymptote en futaie irrégulière

→ **Surface terrière :**

- Valeur asymptotique augmentée
- Diamètre de demi asymptote réduit

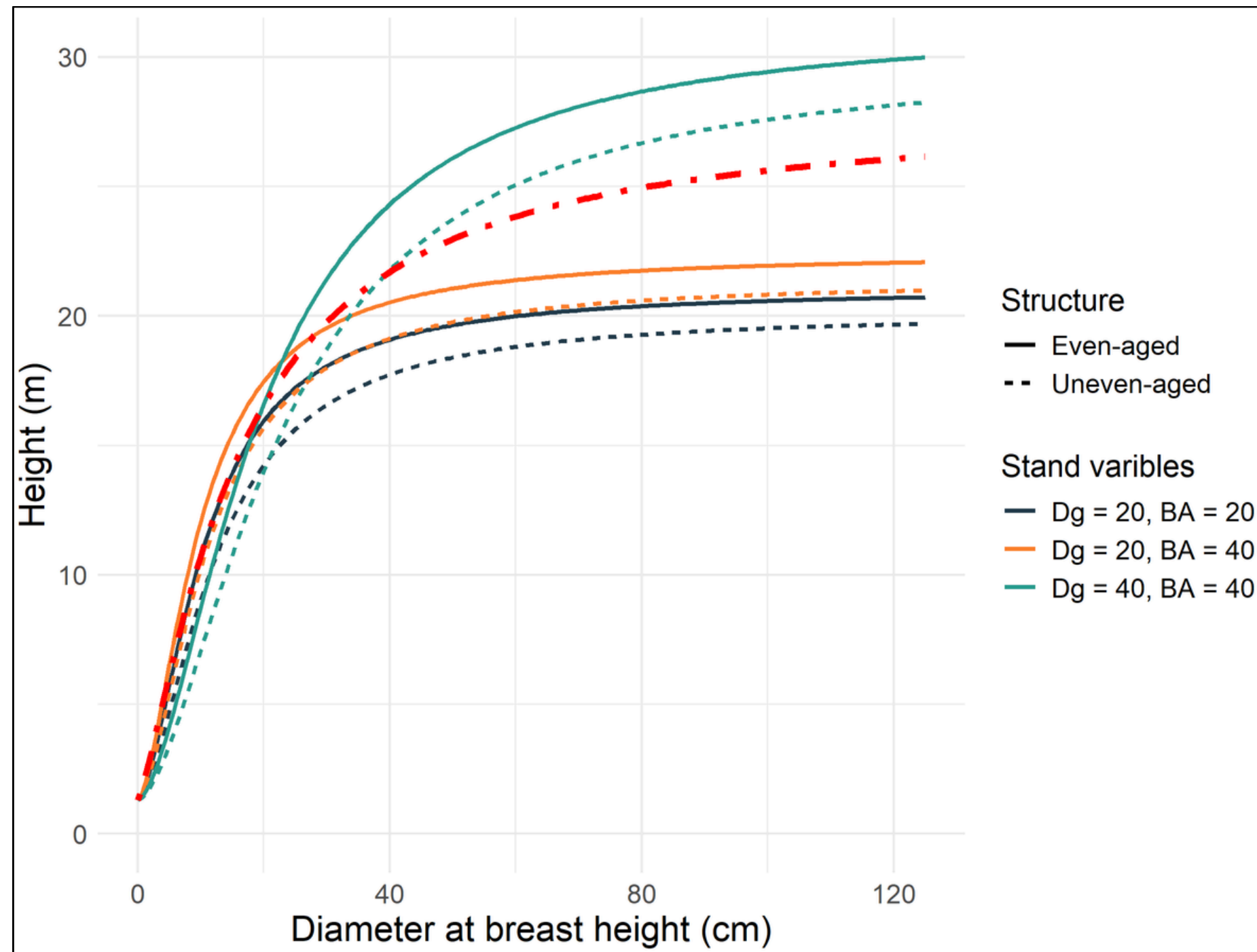
→ **Diametre quadratique moyen**

- Valeur asymptotique augmentée

--- Aucune donnée de peuplement

Modèles obtenus

Quercus robur



Effets :

→ **Structure :**

- Valeur asymptotique plus faible en futaie irrégulière
- Augmentation du diamètre de demi-asymptote en futaie irrégulière

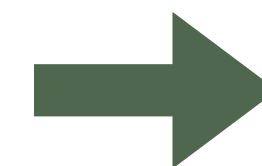
→ **Surface terrière :**

- Valeur asymptotique augmentée
- Diamètre de demi asymptote réduit

→ **Diametre quadratique moyen**

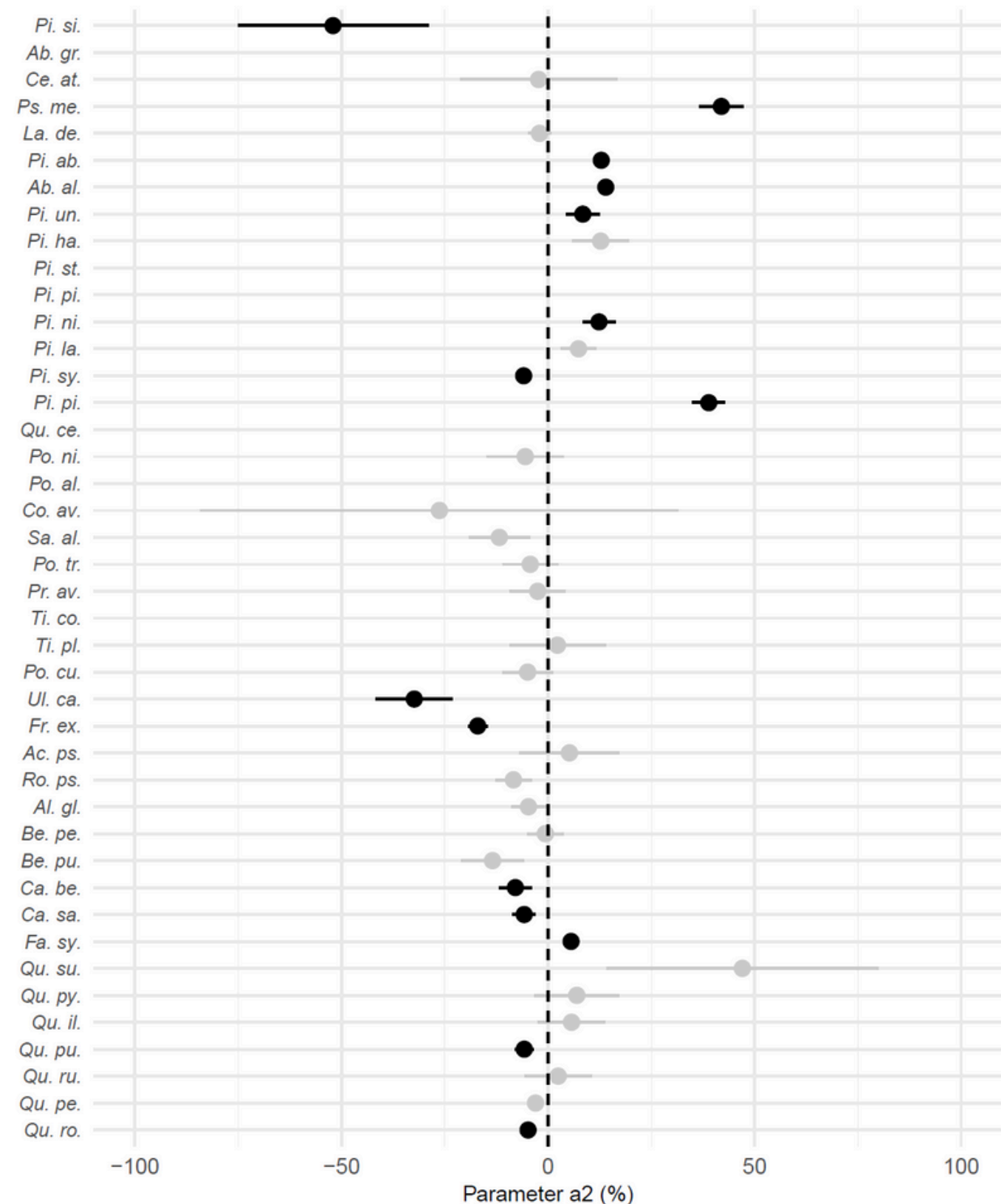
- Valeur asymptotique augmentée

--- Aucune donnée de peuplement



42 espèces modélisées

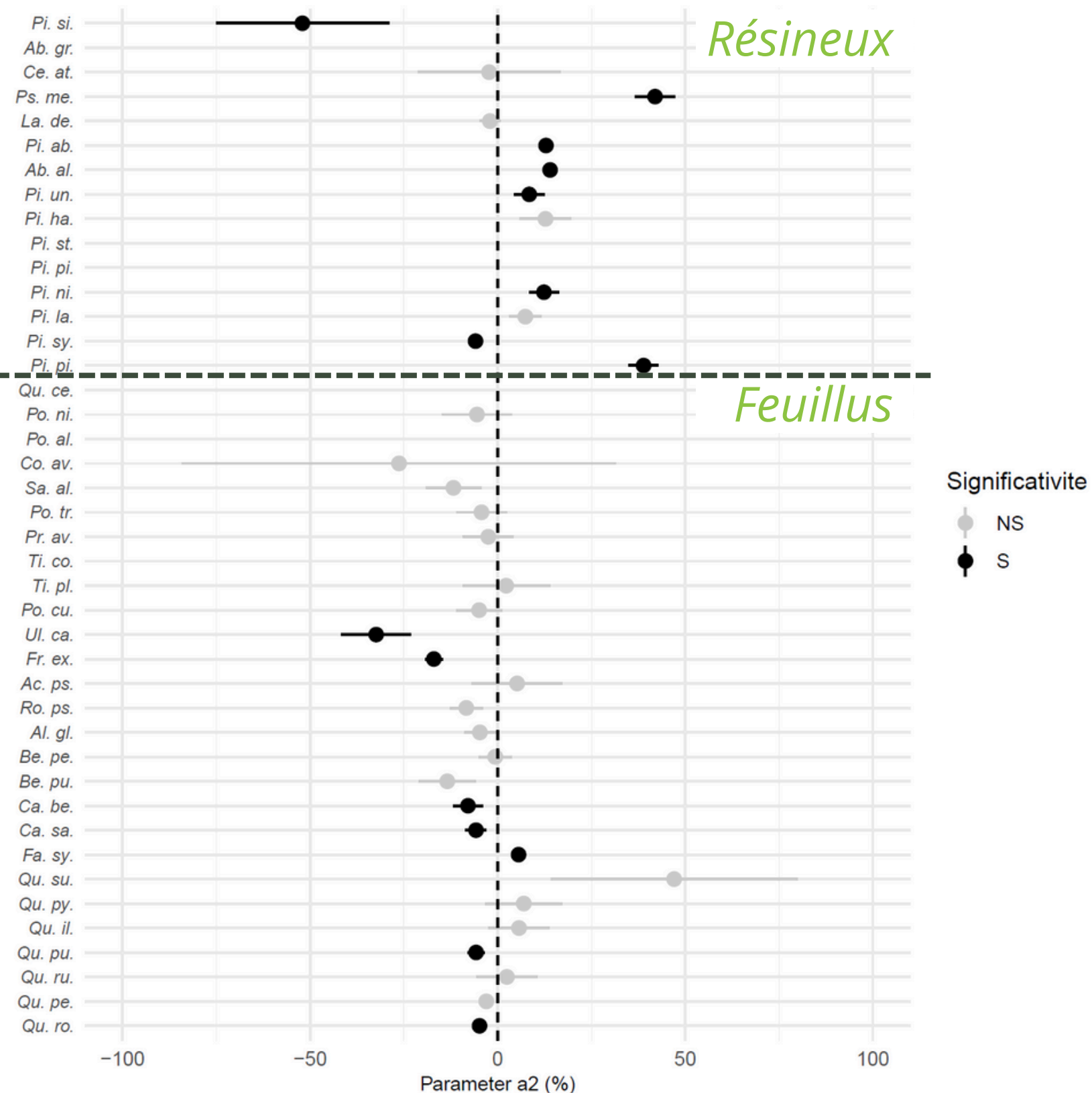
Influence de la structure : Futaie irrégulière



Futaie irrégulière vs Futaie régulière

- Influence de la structure mesurée en % **de différence** par rapport à la futaie régulière
- Influence sur la **valeur asymptotique**

Influence de la structure : Futaie irrégulière



Futaie irrégulière vs Futaie régulière

- Influence de la structure mesurée en % **de différence** par rapport à la futaie régulière
- Influence sur la **valeur asymptotique**
- Distinction entre feuillus et résineux

Application des modèles sur jeux de données

Species	Calibration dataset		NFI 2023		FFA	
	RMSE ₀	Nb obs.	RMSE ₀	Nb obs.	RMSE ₀	Nb obs.
<i>Quercus petraea</i>	3.7028	31 927	3.8877	1 187	3.3535	830
<i>Fagus sylvatica</i>	4.5237	28 135	5.0754	853	5.0322	816
<i>Pinus sylvestris</i>	3.9988	21 865	4.0149	496	5.0226	246
<i>Abies alba</i>	3.4843	19 055	3.637	606	2.8175	618
<i>Picea abies</i>	3.7354	19 176	4.0003	390	4.6366	287
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3.4534	13 691	3.4768	475	2.4292	212

Table 4: Validation results for 6 species across all datasets. All structures' results are mixed for the calibration and NFI_2023 datasets. Only even-aged structures are present in the FFA dataset.

Application des modèles sur jeux de données

Species	Calibration dataset		NFI 2023		FFA	
	RMSE ₀	Nb obs.	RMSE ₀	Nb obs.	RMSE ₀	Nb obs.
<i>Quercus petraea</i>	3.7028	31 927	3.8877	1 187	3.3535	830
<i>Fagus sylvatica</i>	4.5237	28 135	5.0754	853	5.0322	816
<i>Pinus sylvestris</i>	3.9988	21 865	4.0149	496	5.0226	246
<i>Abies alba</i>	3.4843	19 055	3.637	606	2.8175	618
<i>Picea abies</i>	3.7354	19 176	4.0003	390	4.6366	287
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3.4534	13 691	3.4768	475	2.4292	212

Table 4: Validation results for 6 species across all datasets. All structures' results are mixed for the calibration and NFI_2023 datasets. Only even-aged structures are present in the FFA dataset.

➡ Sur jeu de calibration : Erreur moyenne maximale de 4,5m

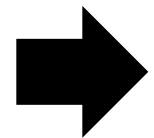
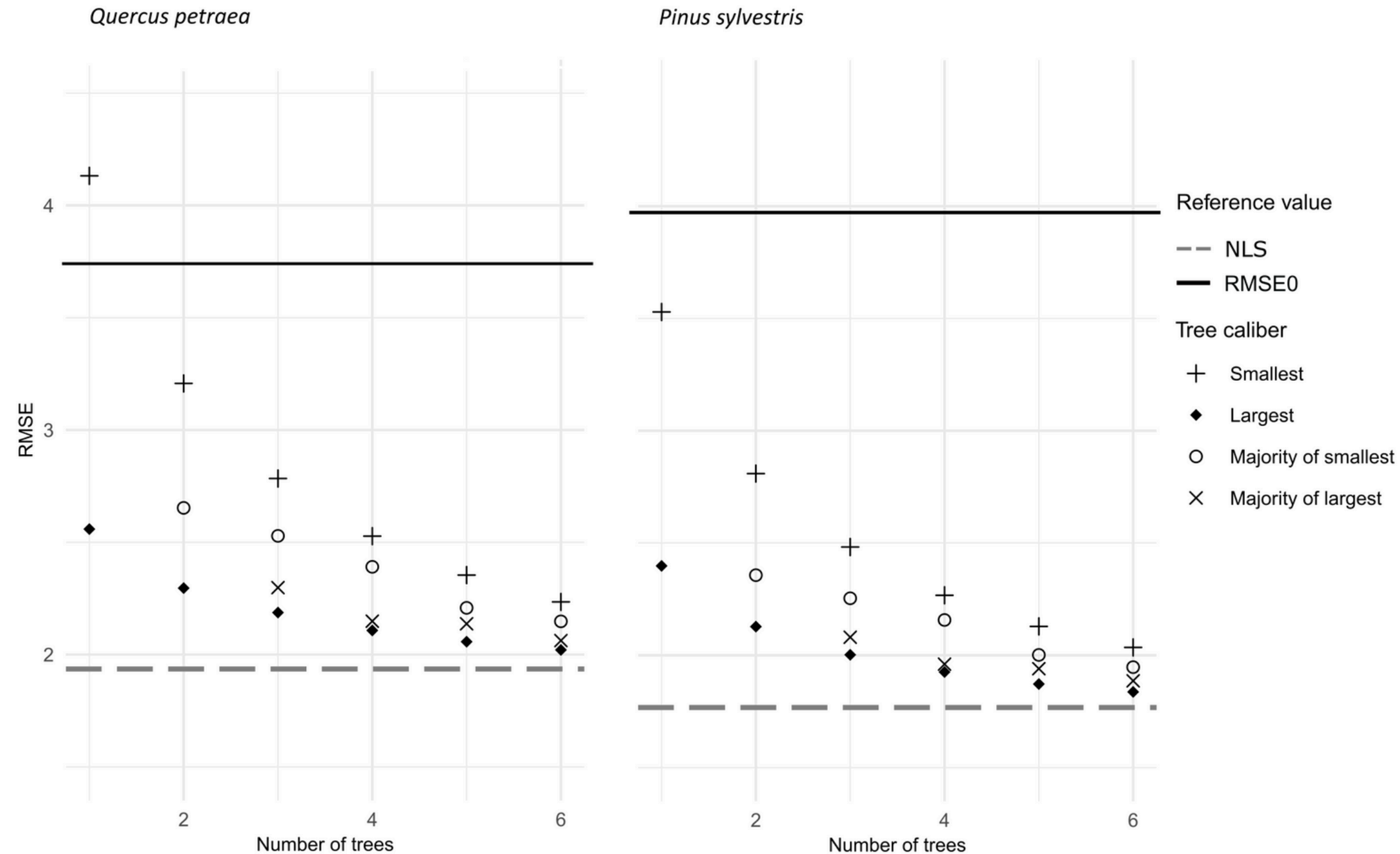
Application des modèles sur jeux de données

Species	Calibration dataset		NFI 2023		FFA	
	RMSE ₀	Nb obs.	RMSE ₀	Nb obs.	RMSE ₀	Nb obs.
<i>Quercus petraea</i>	3.7028	31 927	3.8877	1 187	3.3535	830
<i>Fagus sylvatica</i>	4.5237	28 135	5.0754	853	5.0322	816
<i>Pinus sylvestris</i>	3.9988	21 865	4.0149	496	5.0226	246
<i>Abies alba</i>	3.4843	19 055	3.637	606	2.8175	618
<i>Picea abies</i>	3.7354	19 176	4.0003	390	4.6366	287
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3.4534	13 691	3.4768	475	2.4292	212

Table 4: Validation results for 6 species across all datasets. All structures' results are mixed for the calibration and NFI_2023 datasets. Only even-aged structures are present in the FFA dataset.

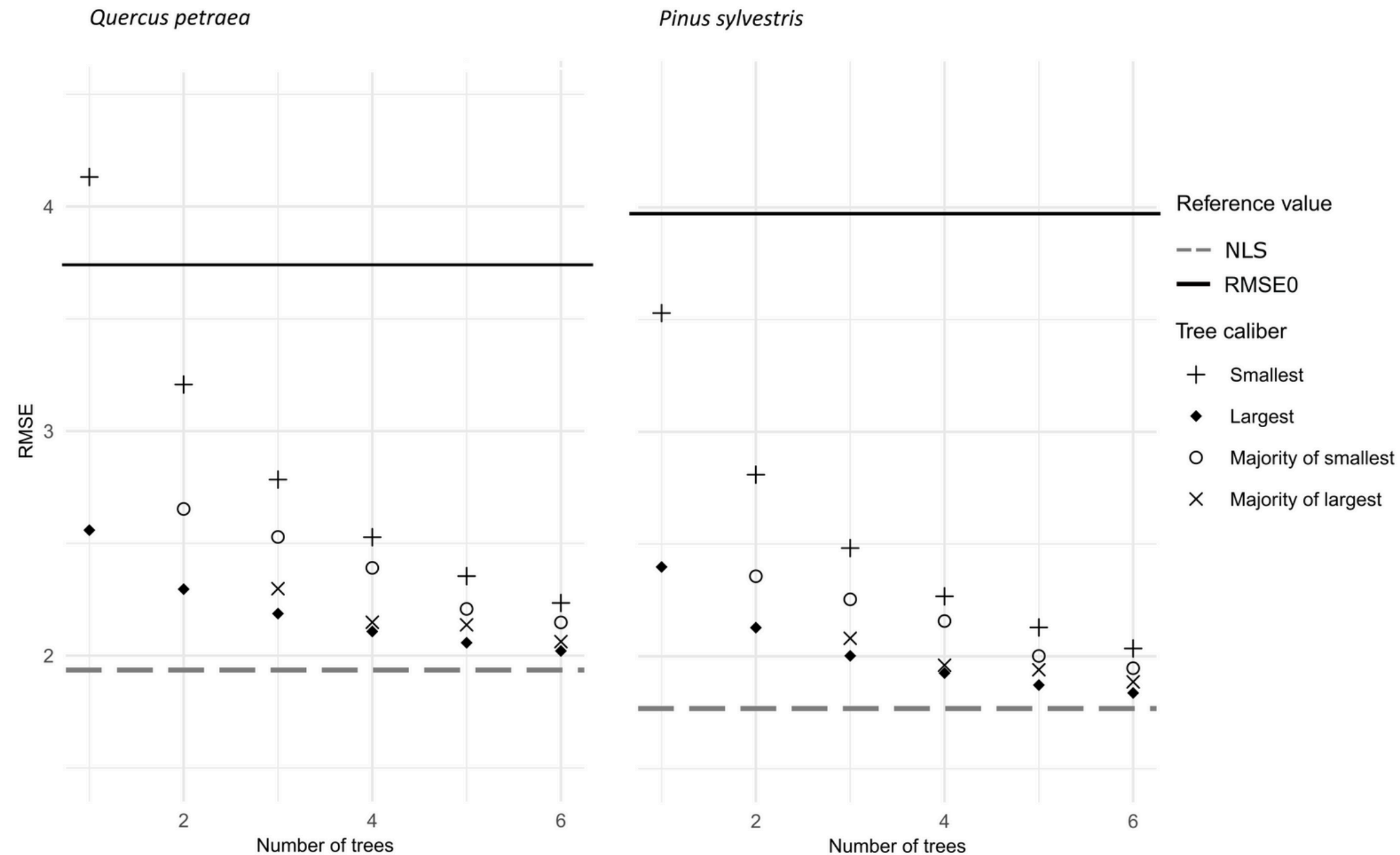
- ➡ Sur jeu de calibration : Erreur moyenne maximale de 4,5m
- ➡ Sur jeu de validation : Erreur moyenne maximale de 5m

Recalibration - test des combinaisons



Combinaisons utilisant les plus larges diamètres (3/4) fonctionnent le mieux

Recalibration - test des combinaisons



➡ Combinaisons utilisant les plus larges diamètres (3/4) fonctionnent le mieux

➡ Réduction de l'erreur sur jeu de validation autour de 40%

Plan



Contexte



Objectifs & hypothèse



Matériel & Méthode



Résultats



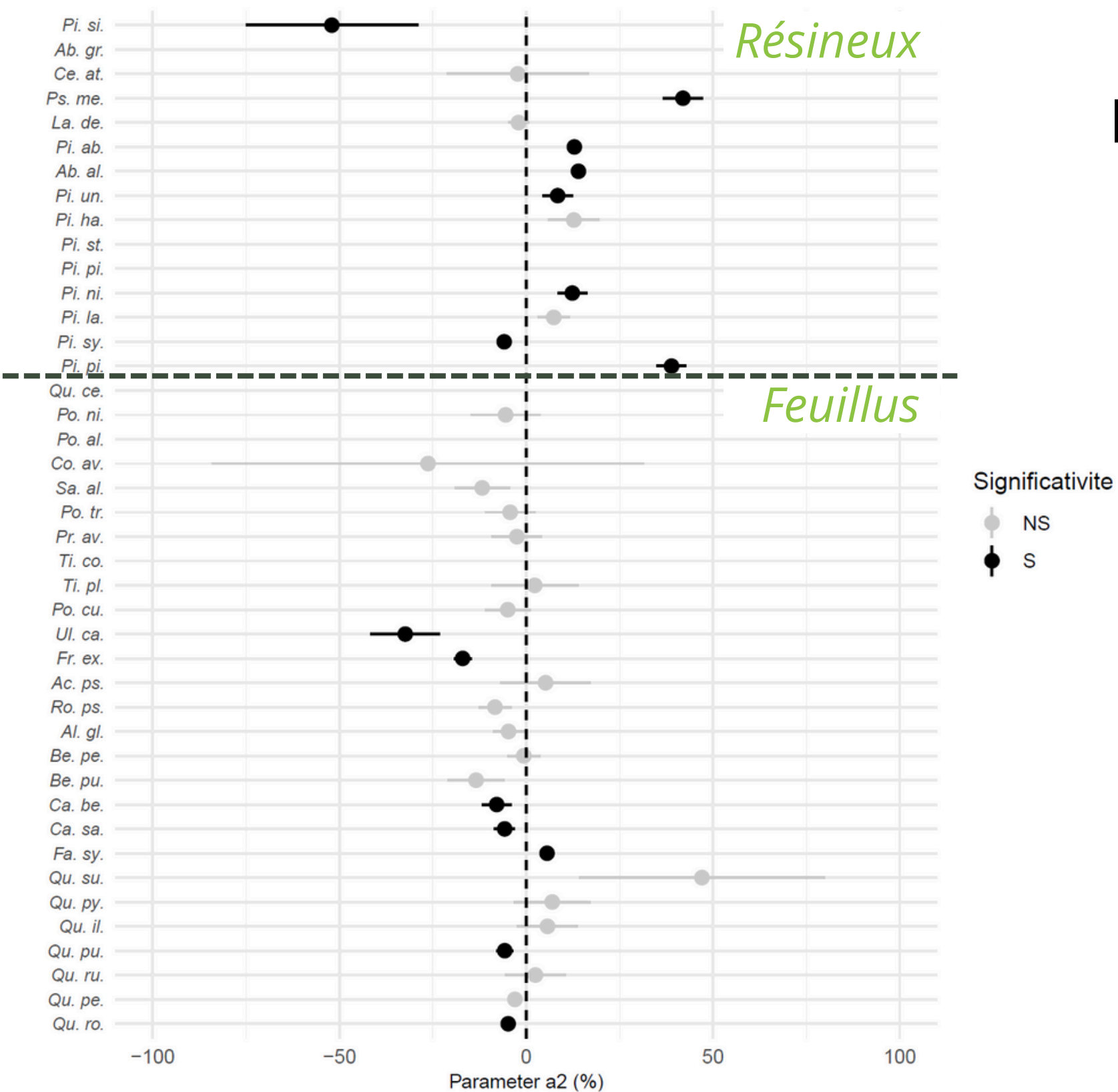
Discussion



Perspectives



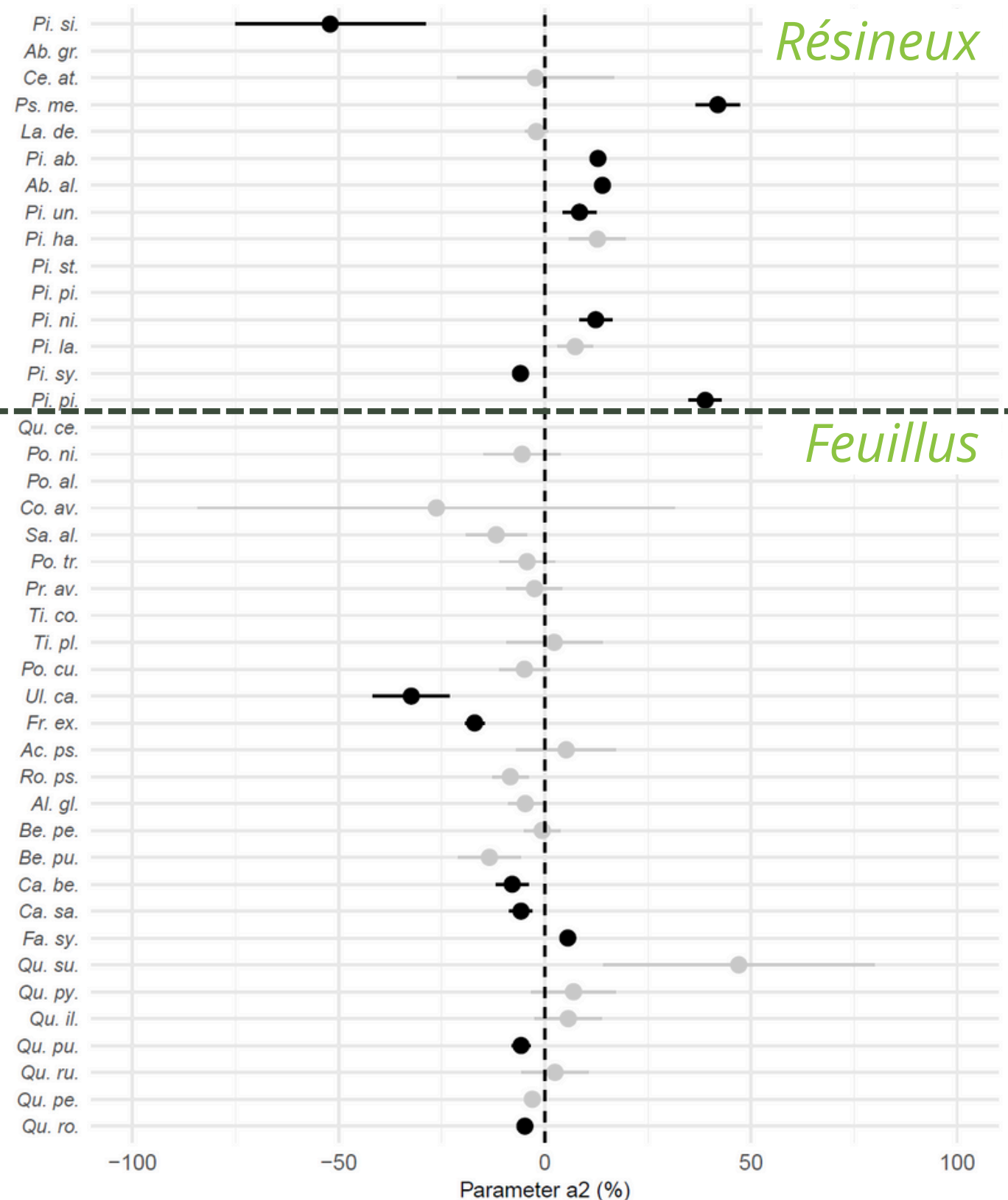
Influence de la structure : Futaie irrégulière



Pour les Résineux :

- Effet positif de la structure (Futaie irrégulière) sur la valeur asymptotique

Influence de la structure : Futaie irrégulière



Pour les Résineux :

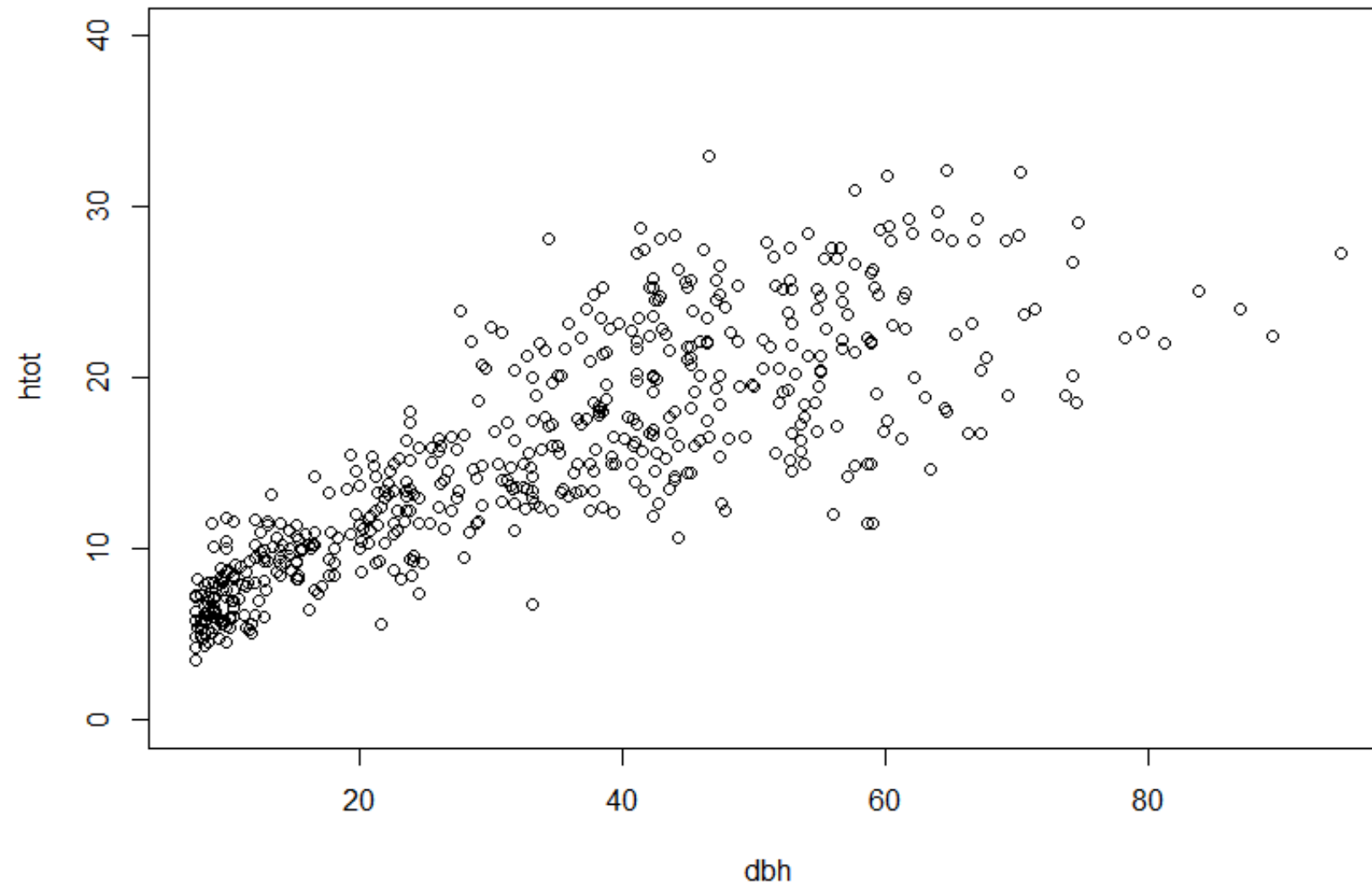
- Effet positif de la structure (Futaie irrégulière) sur la valeur asymptotique

Pour les feuillus :

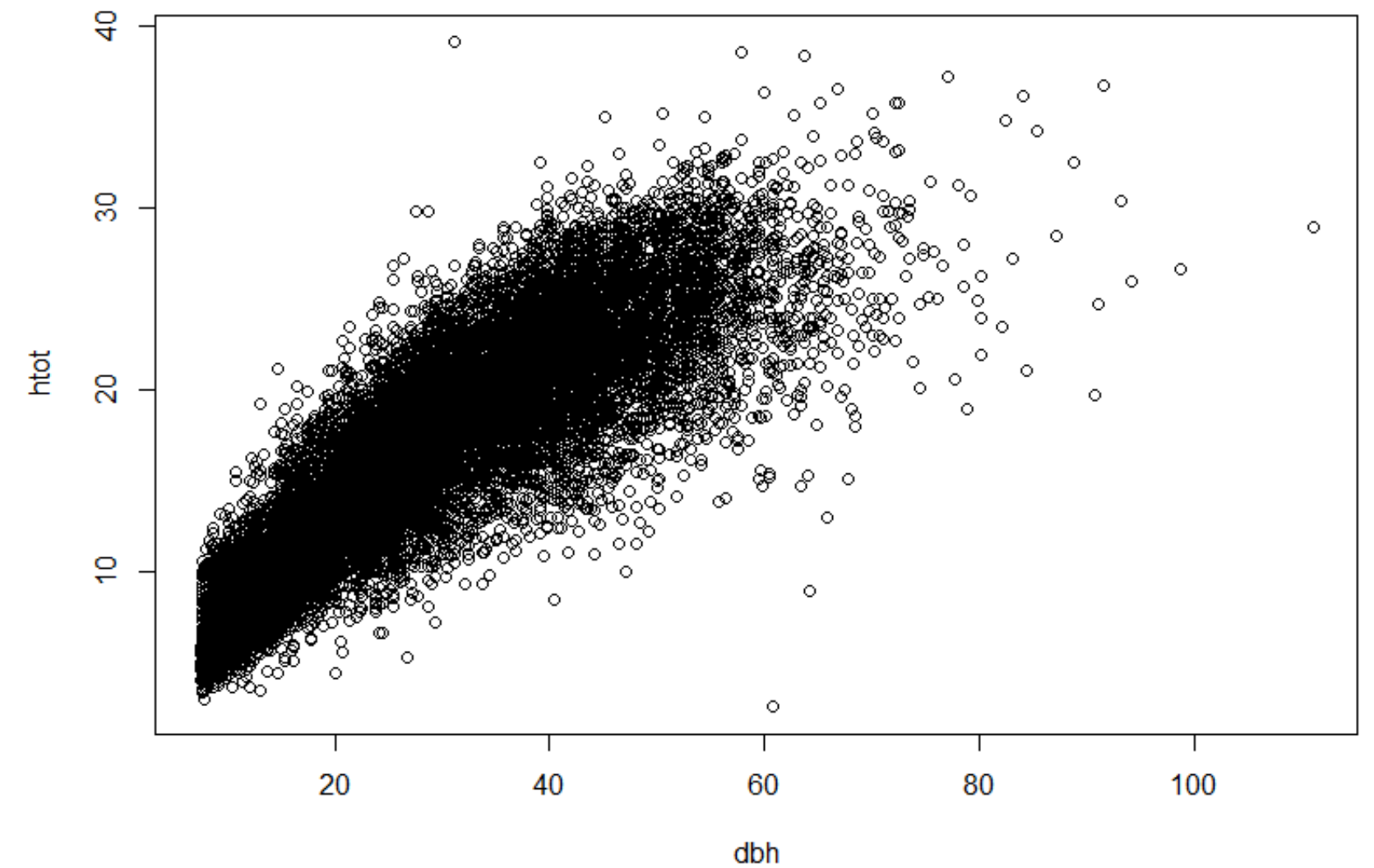
- Effet négatif de la structure (Futaie irrégulière) sur la valeur asymptotique

Influence de la structure : Futaie irrégulière

Exemple : Pinus pinaster



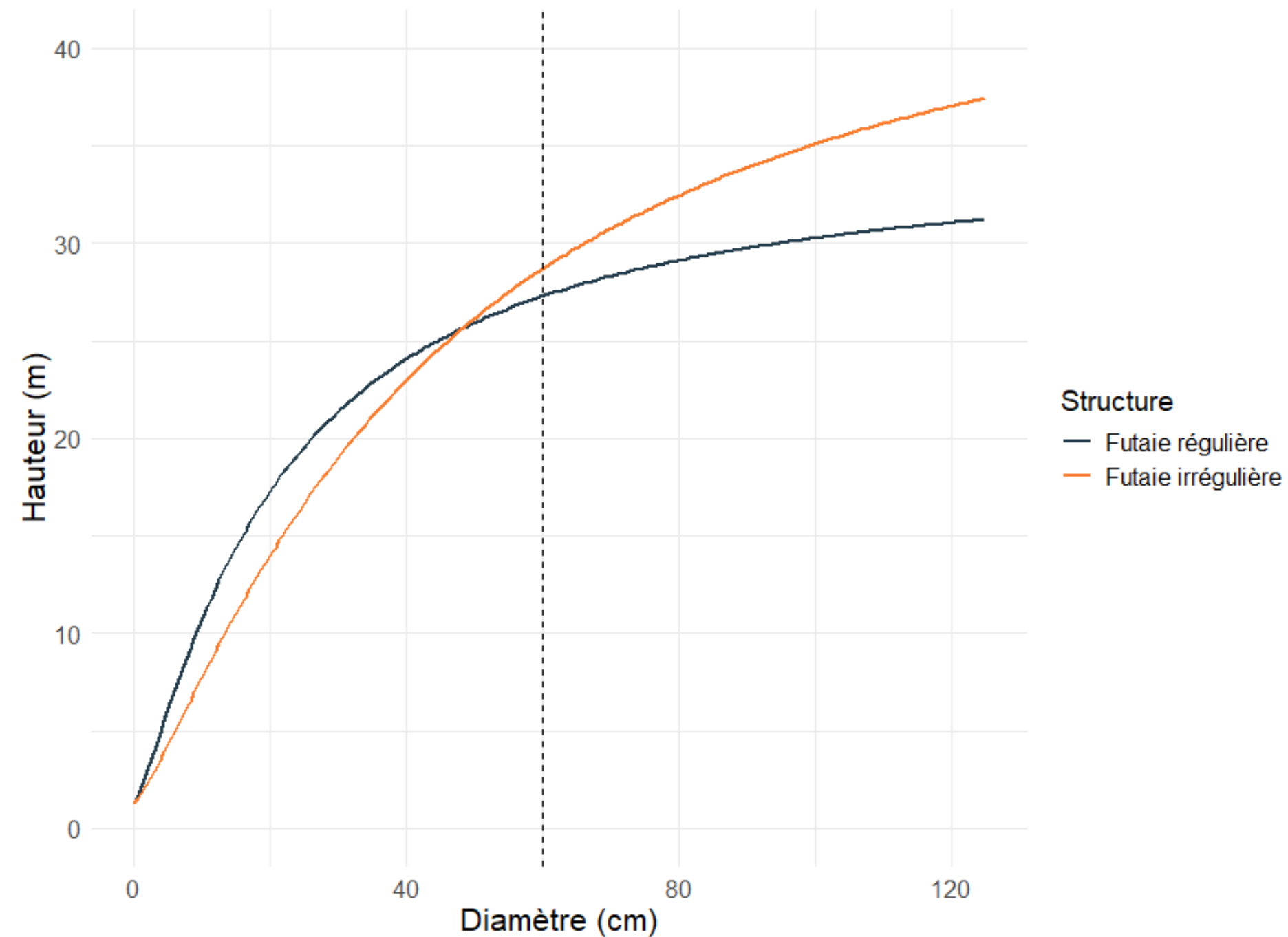
Individus en futaie irrégulière



Individus en futaie régulière

Influence de la structure : Futaie irrégulière

Exemple : Pinus pinaster



Qualité des modèles

- Modèles tenant compte des spécificités de gestion des peuplements

Qualité des modèles

- Modèles tenant compte des spécificités de gestion des peuplements
- Quelques modèles à utiliser avec précaution

Qualité des modèles

- Modèles tenant compte des spécificités de gestion des peuplements
- Quelques modèles à utiliser avec précaution
- Validation avec 2 jeux de données : Test de performance et robustesse

Plan



Contexte



Objectifs & hypothèse



Matériel & Méthode



Résultats



Discussion



Perspectives



Conclusion et Perspectives



Modèles pour un nombre important d'essences



Modèles adaptés aux différentes structures rencontrées



Quelques mesures de hauteurs pour amélioration des estimations



Implémentation dans le simulateur Salem



Aller plus loin en prenant l'effet mélange en compte

A photograph of a dense forest with tall, slender trees and lush green foliage. The scene is captured from a low angle, looking up towards the canopy. A semi-transparent horizontal band across the middle of the image contains the text.

Merci pour votre attention

Références

- Aussenac, R., Monnet, J.-M., Klopčič, M., Hawryło, P., Socha, J., Mahnken, M., Gutsch, M., Cordonnier, T., Vallet, P., 2023. Diameter, height and species of 42 million trees in three European landscapes generated from field data and airborne laser scanning data. Open Res Eur 3, 32. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.15373.2>
- Ciceu, A., Chakraborty, D., Ledermann, T., 2023. Examining the transferability of height–diameter model calibration strategies across studies. Forestry: An International Journal of Forest Research cpad063. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad063>
- Ciceu, A., Garcia-Duro, J., Seceleanu, I., Badea, O., 2020. A generalized nonlinear mixed-effects height–diameter model for Norway spruce in mixed-uneven aged stands. Forest Ecology and Management 477, 118507. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118507>
- Gonçalves, A.C., 2022. Stand Structure Impacts on Forest Modelling. Applied Sciences 12, 6963. <https://doi.org/10.3390/app12146963>
- Temesgen, H., v. Gadow, K., 2004. Generalized height–diameter models—an application for major tree species in complex stands of interior British Columbia. Eur J Forest Res 123, 45–51. <https://doi.org/10.1007/s10342-004-0020-z>

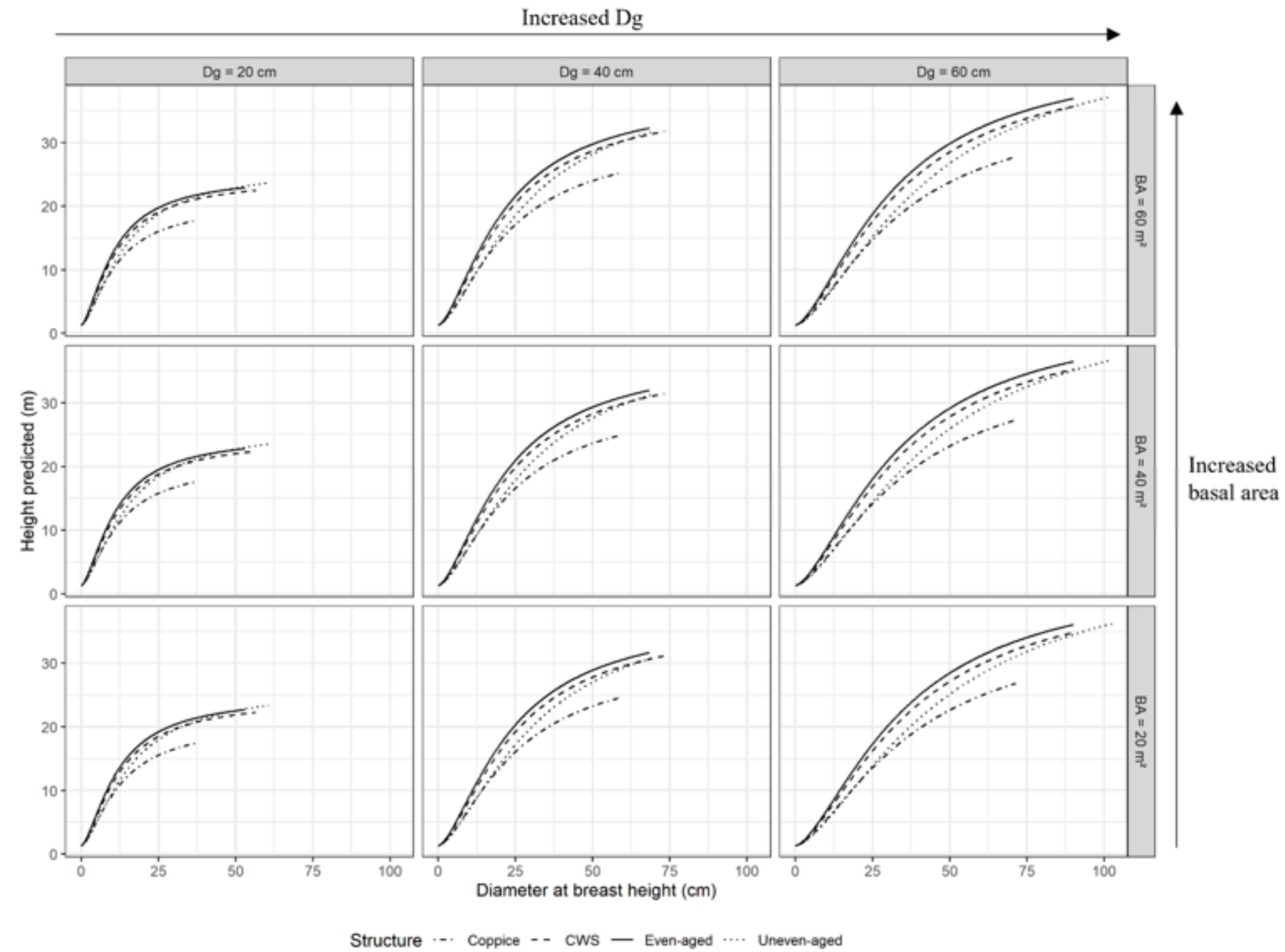


Figure 2: Illustration of the *Fagus sylvatica* model