

# Croissance et mortalité de 42 essences d'arbre exploitées en Afrique Centrale

Gauthier LIGOT,  
Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège

FOREM

22 au 24 mars 2022

Orléans, France



Des forêts complexes, irrégulières et diversifiées (jusqu'à plus de 100 espèces / ha)  
Mieux les connaître et mieux les gérer  
Un challenge de taille ....

# Prédire la dynamique forestière dont la croissance et la mortalité des arbres

Facteurs multiples - outils de modélisation - outils de gestion





# L'exploitation forestière en Afrique Centrale

- 185 millions d'ha de forêts denses humides
- 53 millions d'ha sont exploités (28%)
- 1-2 arbres récoltés / ha tous les 25-30 ans

L'aménagement durable = stock d'arbres exploitables se reconstruit entre deux coupes et la diversité est maintenue

Leviers = zones exploitées, choix des essences, DME, intensité ...


Malgré le respect de règles réglementaires et l'adoption de systèmes de certifications:

- la ressource s'amenuise
- surtout pour certaines espèces
- la rentabilité de l'exploitation est en déclin

Beaucoup de travail déjà réalisé mais encore insuffisant pour un écosystème si vaste et si diversifié

- 1713 estimations d'accroissement pour 296 espèces
- 537 estimations du taux de mortalité pour 220 espèces



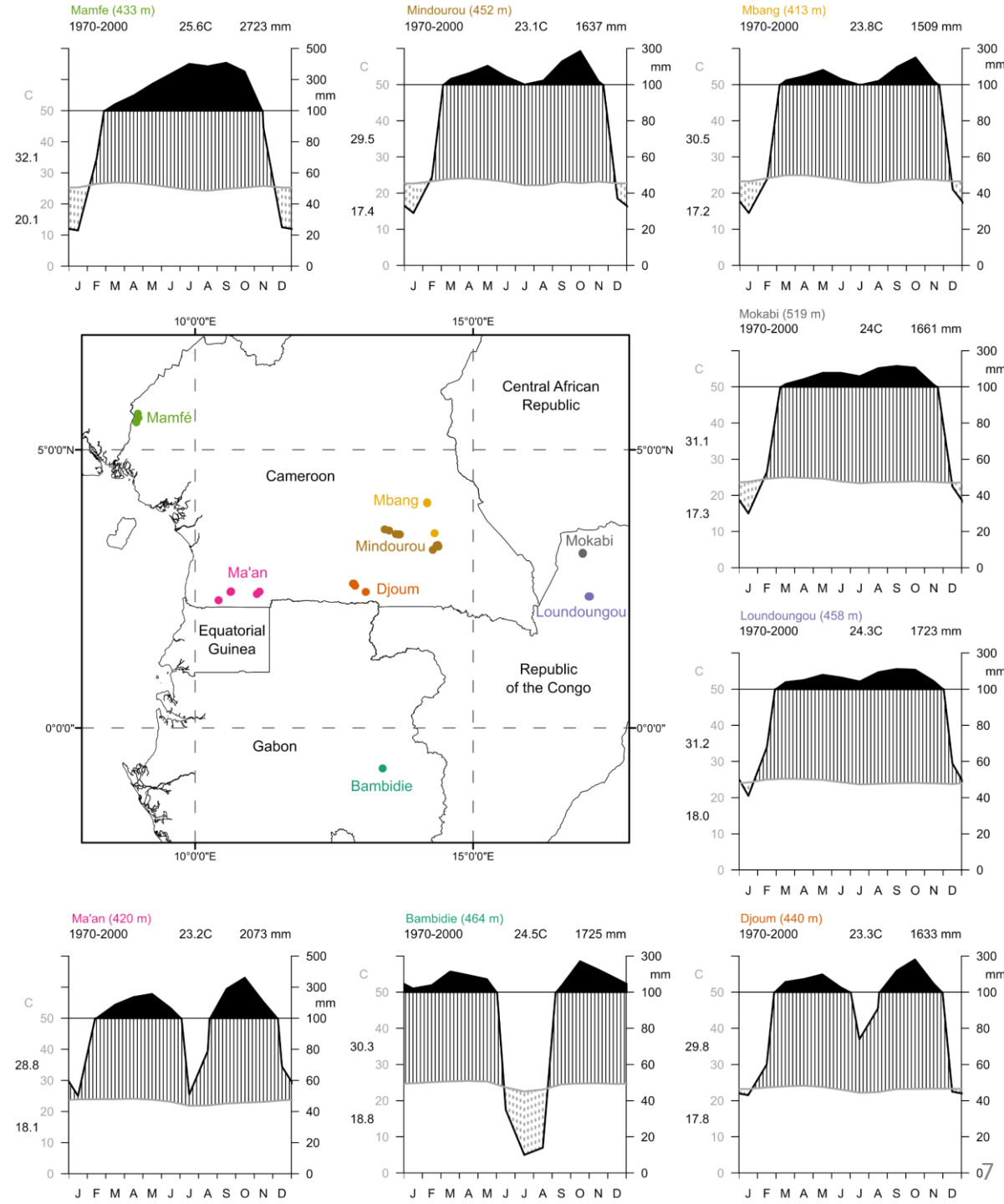
A photograph of a dirt road winding through a dense forest. The road is reddish-brown and has two white lines down the center. A person is walking on the road in the distance. The forest is lush with green trees and foliage. The sky is overcast and hazy.

**Les plans d'aménagement et le statut de vulnérabilité des essences sont vraisemblablement définis à partir de paramètres biaisés.**

- **Fournir de nouvelles estimations d'accroissement et de taux de mortalité**
- **Quantifier l'importance de ces biais**
- **Tester si la taille des arbres et l'historique d'exploitation doivent être pris en compte pour prédire la croissance des arbres**

# Zone d'étude

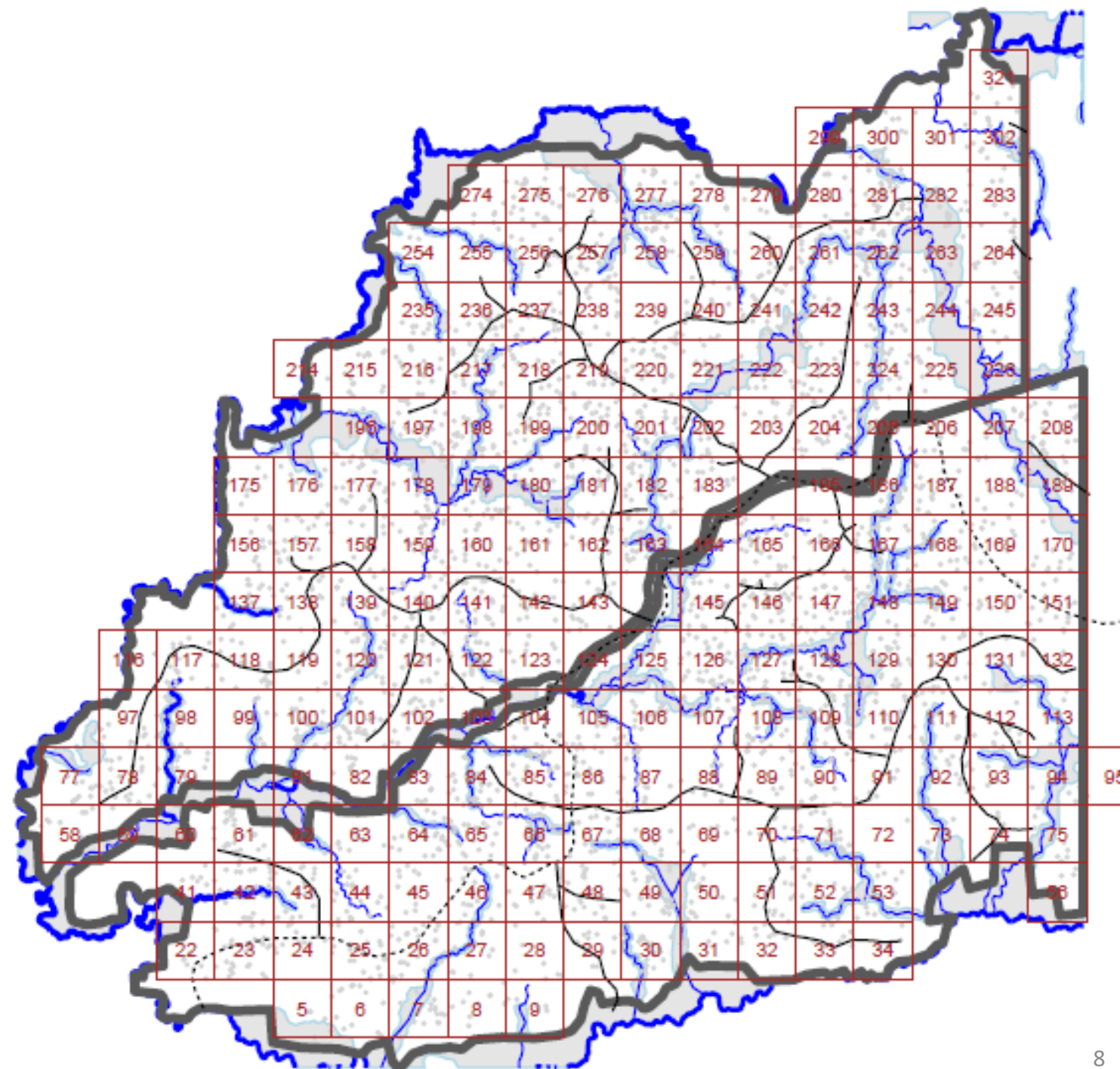
- 8 concessions forestières
- 5 au Cameroun, 1 au Gabon, 2 en République du Congo
- Différentes conditions écologiques et différents types forestiers (sempervirents et semi-décidus)
- Différents historiques de gestion



# Echantillonnage et mesures

Pour chaque site :

- Délimitation de bloc de  $\pm 500$  ha
- Traitement : Exploité ou Non exploité (depuis au moins 20 ans)

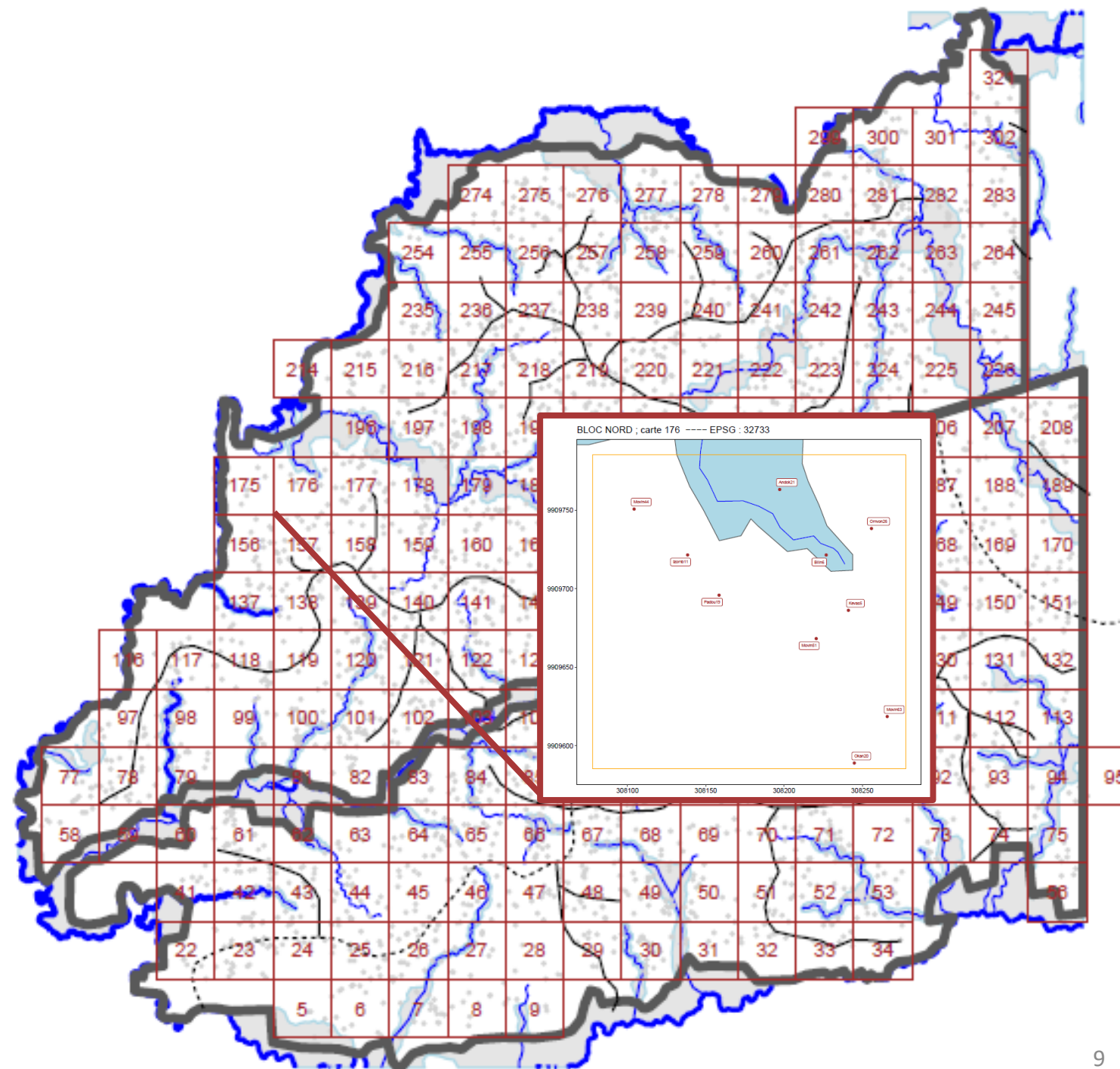


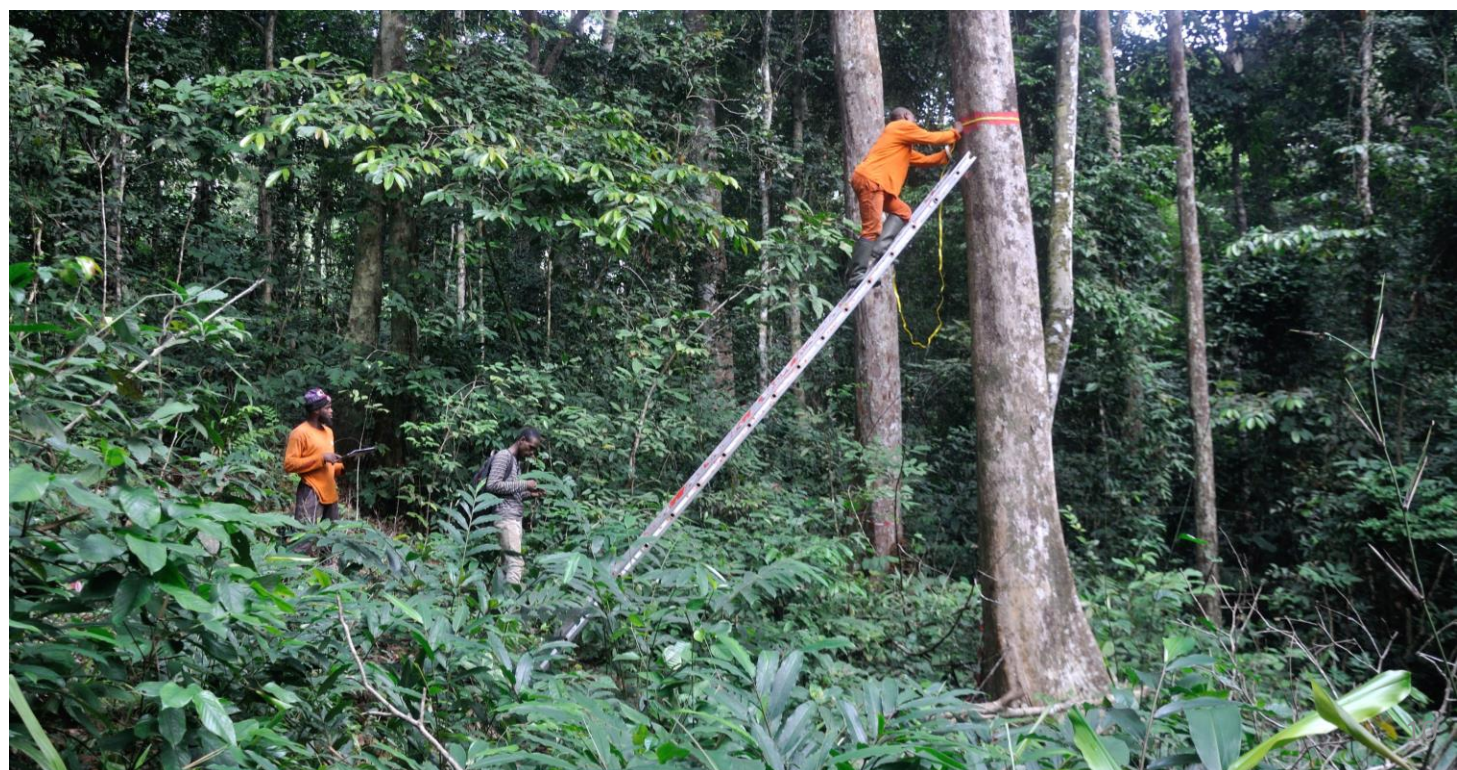
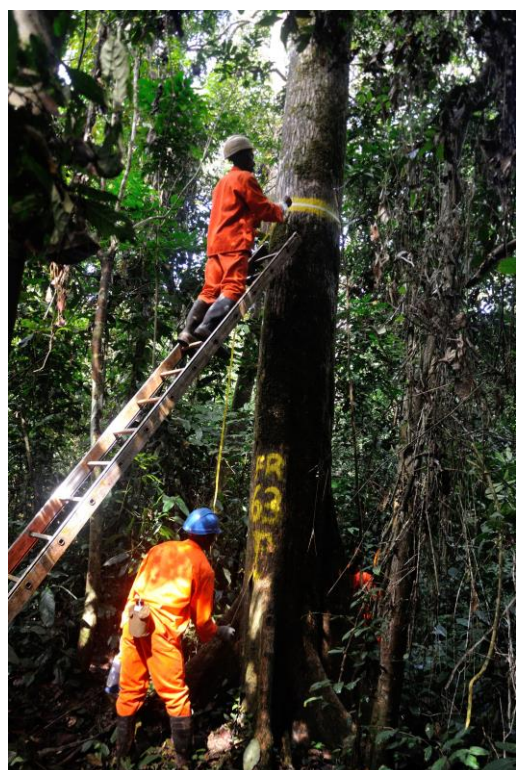
# Echantillonnage et mesure

Pour chaque bloc :

- Différentes essences
- 20 par classe de diamètre :  
[10–20[, [20–30[, ..., [100, +∞[
- indépendant du status et de  
défauts

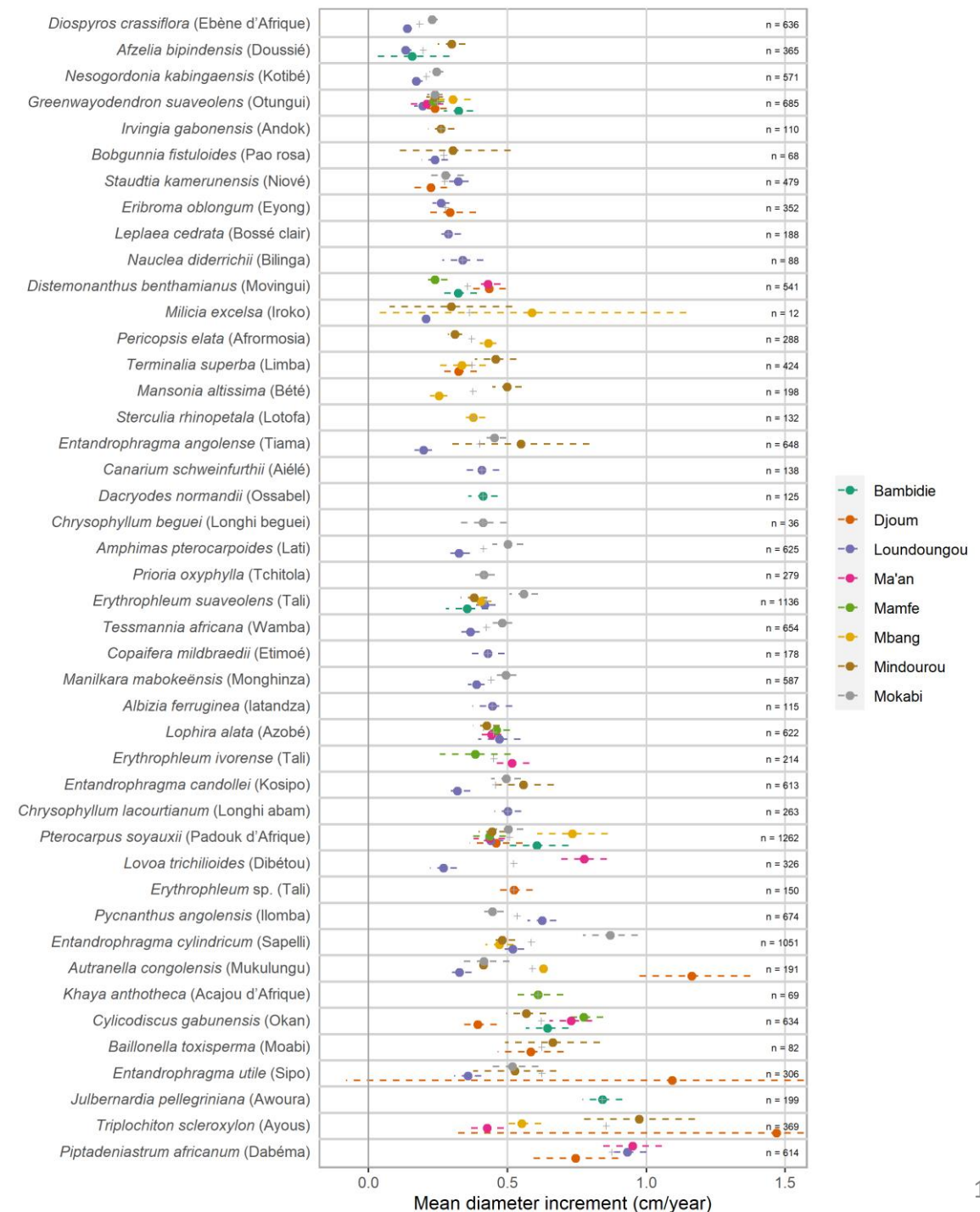
Total = 21 180 arbres  
suivis pendant 1 à 7 ans





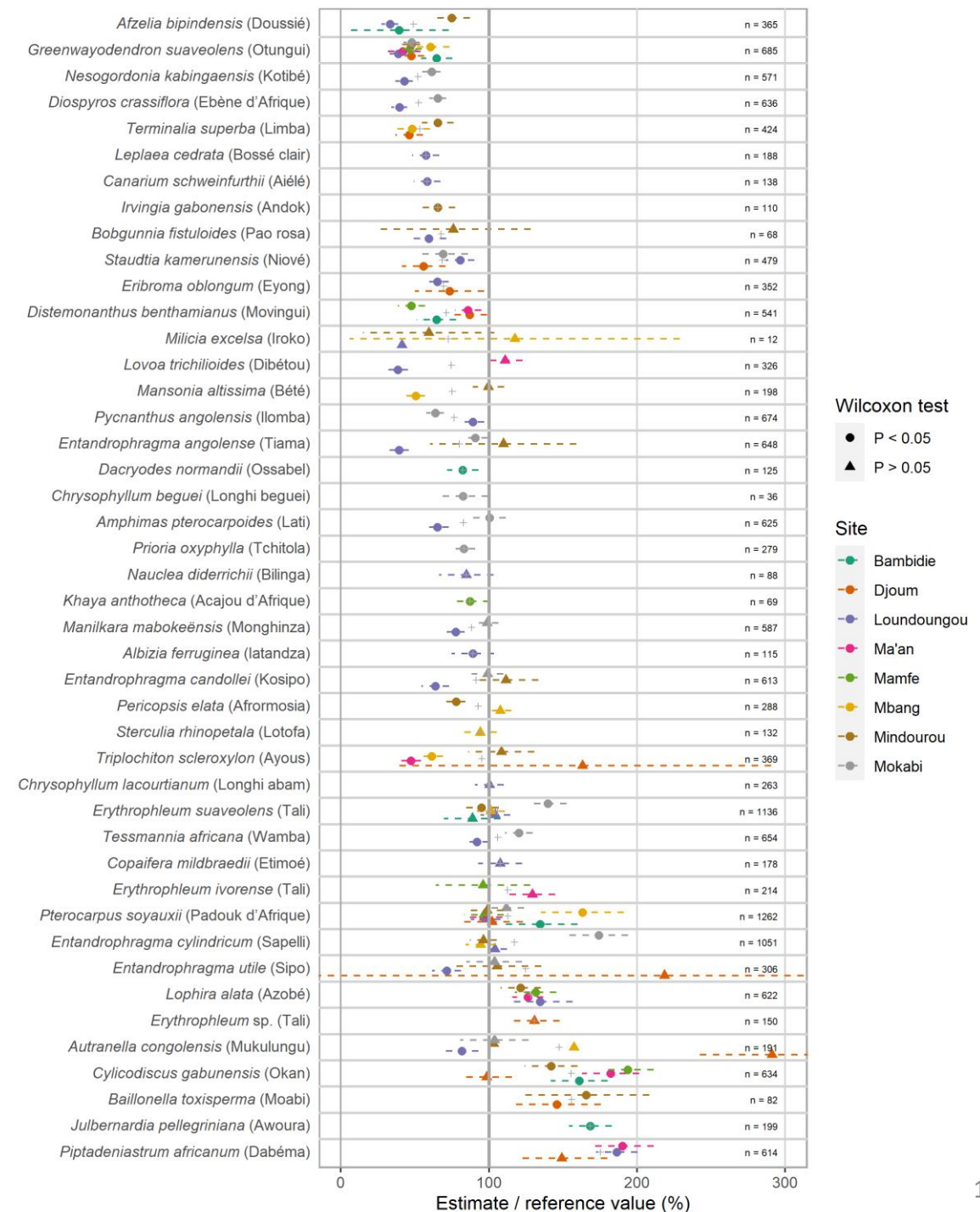
# Accroissement diamétrique moyen dans les forêts non exploitées

- 2 essences présentes dans tous les sites
- 3 essences présentes dans 5 sites
- 5 essences présentes dans 4 sites
- Peu de données pour réellement modéliser un effet site mais une variabilité inter-site généralement importante



# Accroissement observés *versus* valeurs de référence

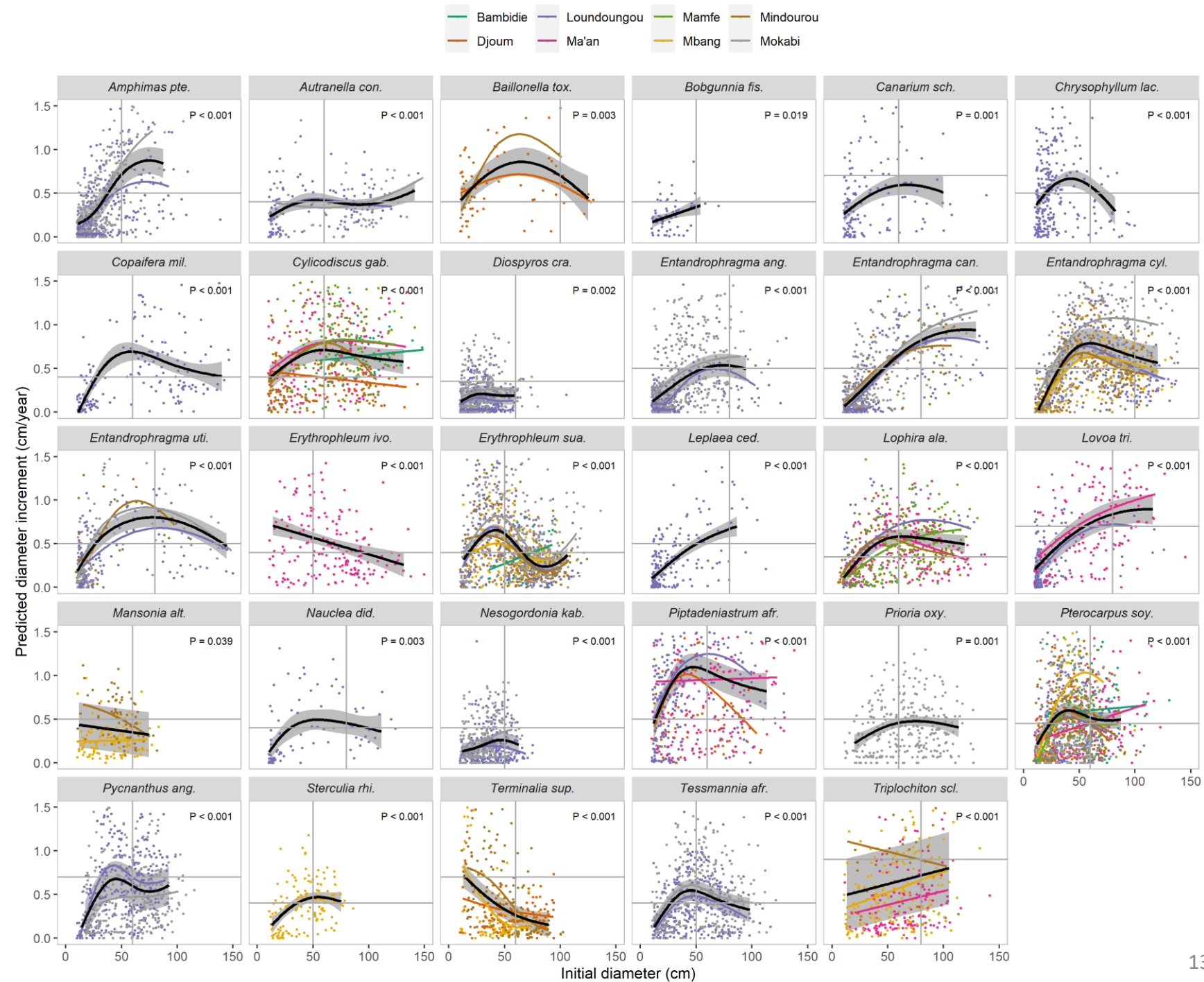
- Référence = valeur légale au Cameroun
- Différence de -0.5 cm/an à 0.8 cm/an
- Soit de 33% à 291%
- Les valeurs de référence sont généralement surestimées (46%) plutôt que sous-estimées (23%)



# Effet du diamètre dans les forêts non-exploitées

$$\Delta d_{j,s} = a + s(d_{j,s}) + \alpha_s + \varepsilon_{j,s}$$

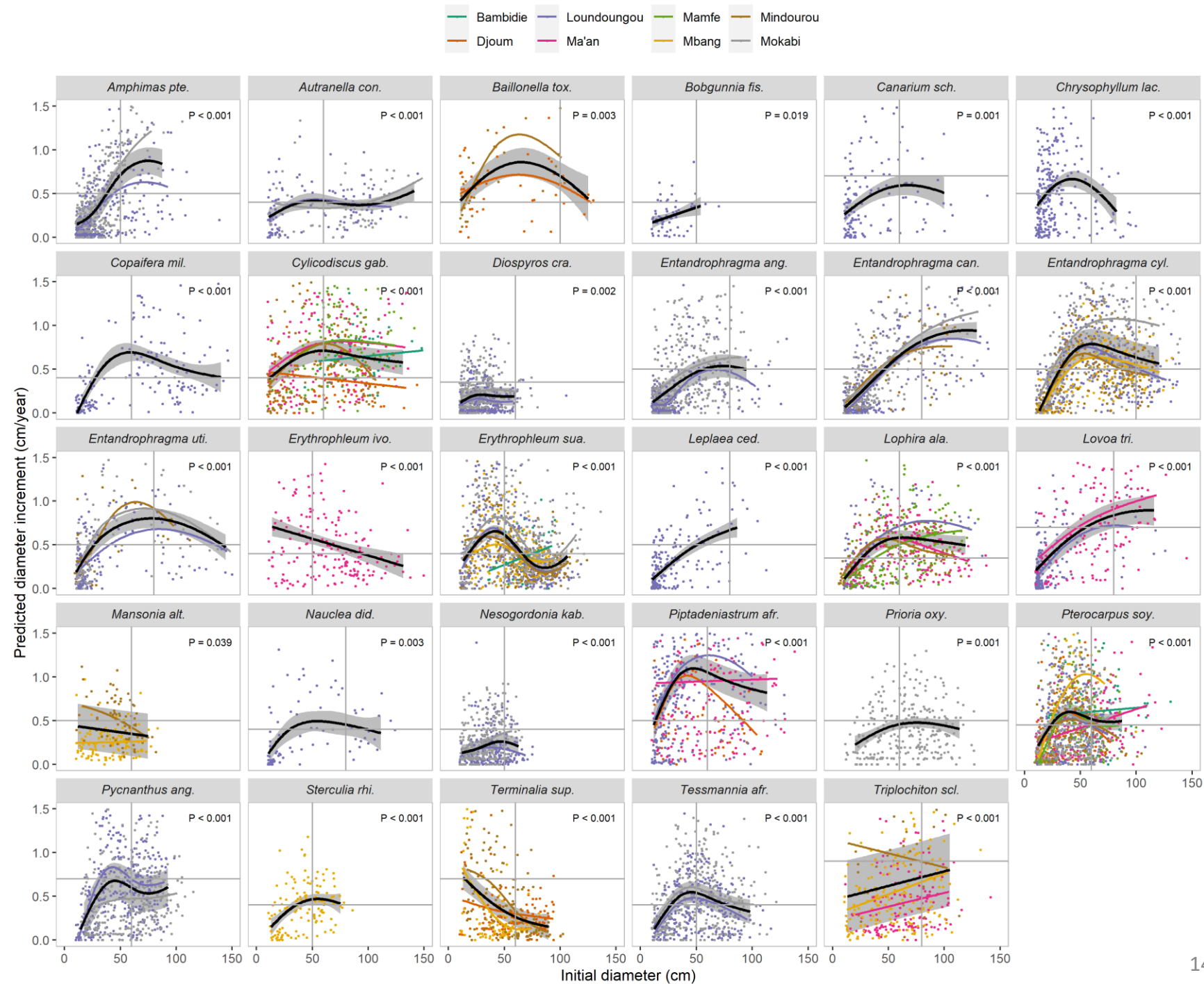
- Modèle GAMM / espèce
- $\Delta d_{j,s}$  = accroissement diamétrique de l'arbre  $j$  dans le site  $s$ .
- $a$  = constante, accroissement moyen
- $s(d_{j,s})$  fonction non linéaire du diamètre, non-paramétrique
- $\alpha_s$  = effet aléatoire du site



# Effet du diamètre dans les forêts non-exploitées

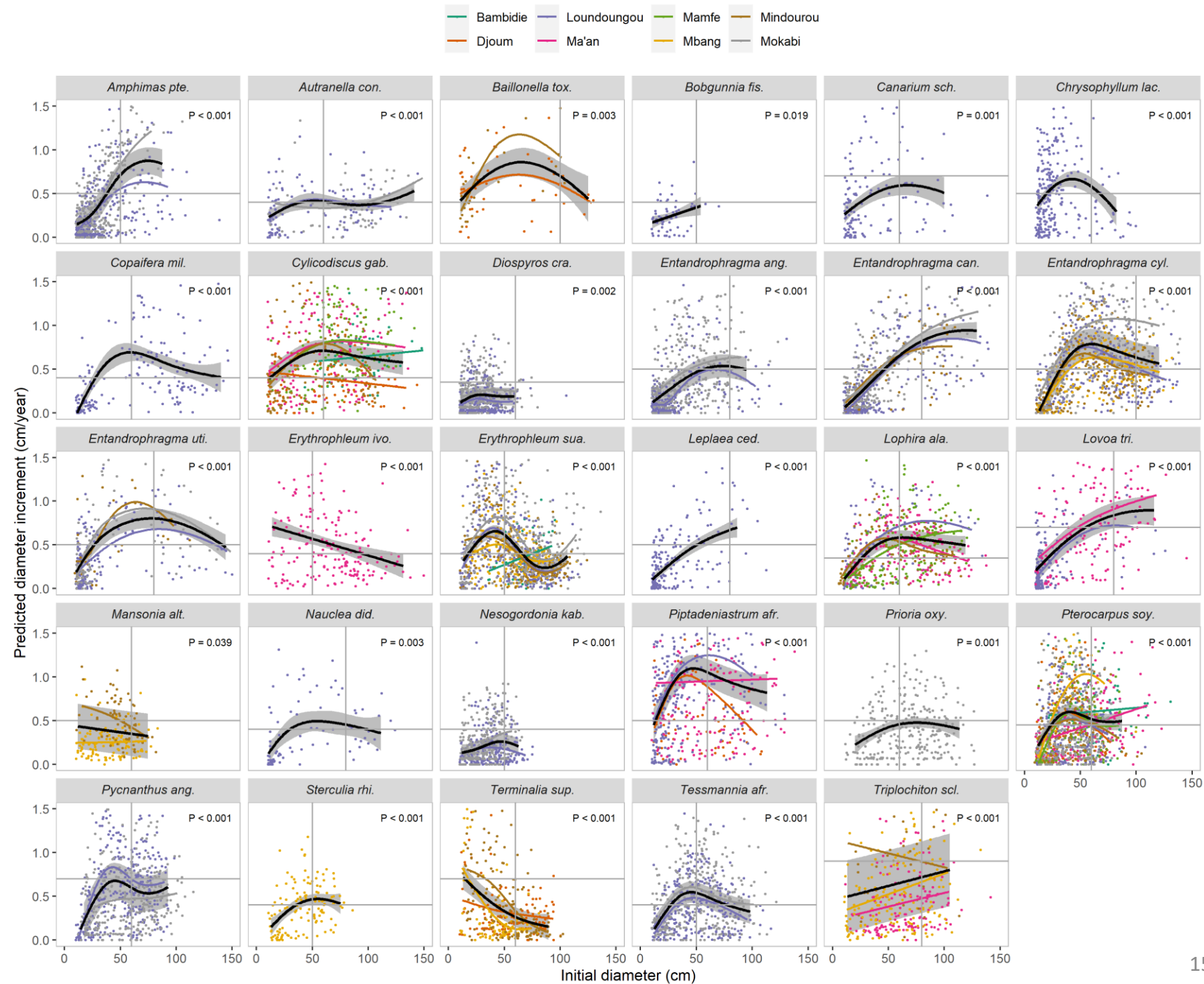
$$\Delta d_{j,s} = a + s(d_{j,s}) + \alpha_s + \varepsilon_{j,s}$$

- 29 avec un effet du diamètre significatif
- Effet généralement non-linéaire
- $R^2$  moyen : 19% (6-50%)



# Effet du diamètre dans les forêts non-exploitées

- L'accroissement est maximum pour un diamètre généralement proche du DME

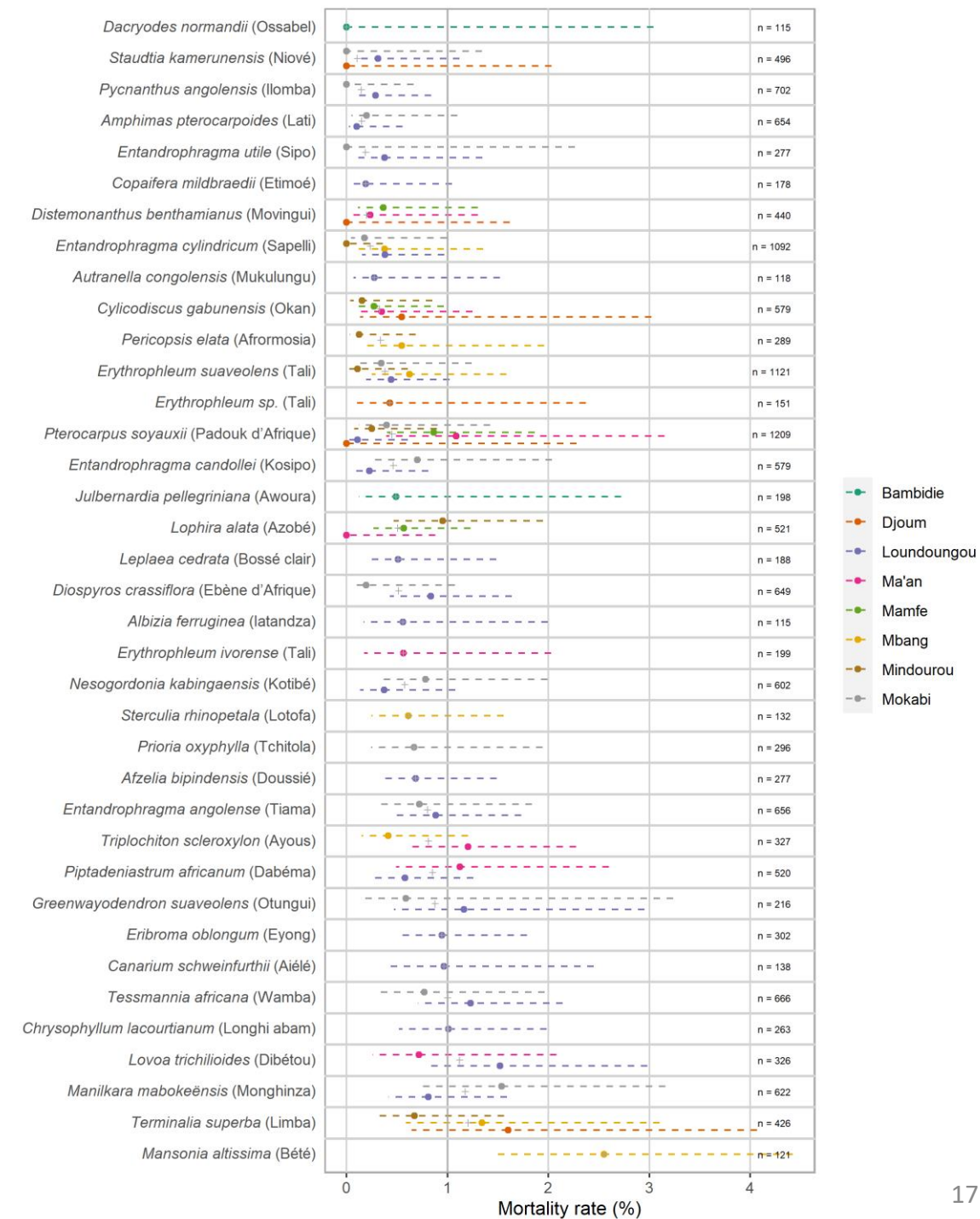




# Taux de mortalité

$$\lambda = \frac{\ln(N_0) - \ln(N_t)}{t}$$

- Min. 100 arbres / essence / site / traitement
- 15 860 arbres de 36 espèces (forêts non-exploitées)
- $\lambda$  moyen = 0.56%
- 80% des estimations ne sont pas <> de 1%.
  - 19% des estimations sont < 1%
  - 1% des estimations sont > 1%



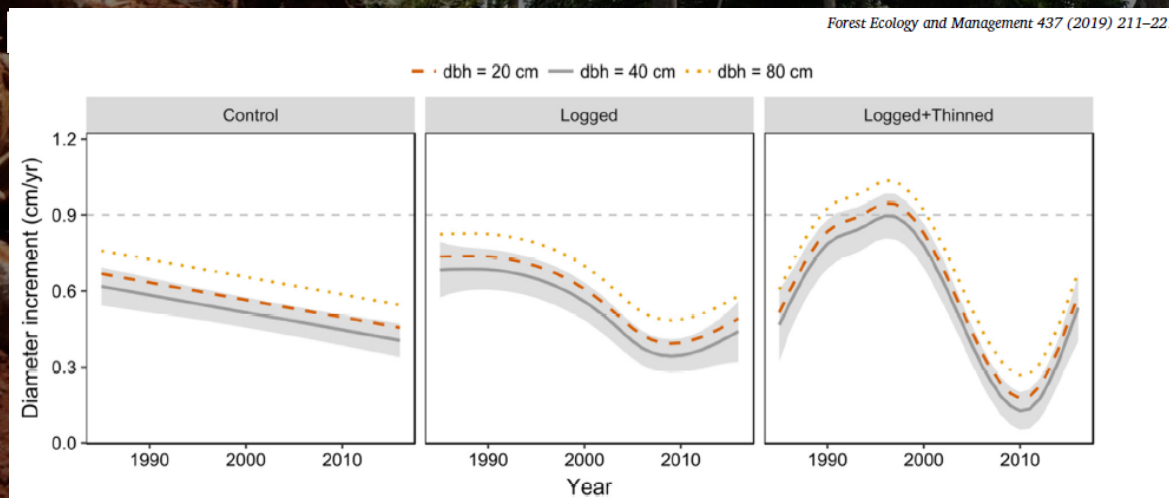
# Estimation de la croissance et mortalité en forêt tropicale

- Echantillonnage d'un grand nombre d'arbres (pas de placette)
- Variation inter-site importante
  - pas d'effet commun pour les différentes espèces
- Variation intra-site également importante
  - Pas de prise en compte de la compétition locale (qui n'est de toute façon pas prise en compte dans les calcul de reconstitution)
- Estimation du taux de mortalité qui restent peu précise



# Croissance dans les forêts exploitées

- L'effet de l'exploitation ne semble pas immédiat
- Il faudrait de plus longue série temporelle
  - 5 ans en forêt non-exploitée
  - 20 ans en forêt exploitée



# Valeur légale au cameroun et gestion durable

- Surestimation de l'accroissement moyen dans les forêts exploitées
- L'effet peut s'annuler ou s'inverser pour les arbres de diamètre  $\approx$  DME (favorable à moyen terme)
- Réduction de l'effet si l'on tient compte de l'effet de l'exploitation
- Les arbres qui survivent sont ceux qui pousse le plus vite...
- Le taux de mortalité de 1% pourrait être surestimé

# Remerciements

- Co-auteurs
- Gestionnaires des concessions forestières
- Equipes sur le terrain
- Fonds Français pour l'Environnement Mondial

Ligot, G., Gourlet-Fleury, S., Dainou, K., Gillet, J.-F., Rossi, V., Mazengué, M., Ekome, S.N., Nkoulou, Y.S., Zombo, I., Forni, E., Doucet, J.-L., 2022. Tree growth and mortality of 42 timber species in central Africa. *Forest Ecology and Management* 505, 119889.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119889>

## Tree growth and mortality of 42 timber species in central Africa

Gauthier Ligot<sup>a,\*</sup>, Sylvie Gourlet-Fleury<sup>b</sup>, Kasso Dainou<sup>a</sup>, Jean-François Gillet<sup>a</sup>, Vivien Rossi<sup>b,c,i</sup>, Mathurin Mazengué<sup>e</sup>, Stevy Nna Ekome<sup>f</sup>, Yanick Serge Nkoulou<sup>g</sup>, Isaac Zombo<sup>h</sup>, Eric Forni<sup>b,d</sup>, Jean-Louis Doucet<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Forest à Life, TERRA, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Gembloux, Belgium  
<sup>b</sup> UFR Forêt et Société, Université de Montpellier, CIRAD, Montpellier, France  
<sup>c</sup> UFR Forêt et Société, CIRAD, Yaoundé, Cameroun  
<sup>d</sup> UFR Forêt et Société, CIRAD, Brazzaville, Congo  
<sup>e</sup> Mokabi SA, BP 97, Impfondo, Congo  
<sup>f</sup> CEB Precious Wood, Libreville, Gabon  
<sup>g</sup> Pallice CFM, Douala, Cameroun  
<sup>h</sup> CB-CIARE, BP 41, Ouesso, Congo  
<sup>i</sup> UMMISCO, Université Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Tropical rainforest  
Population dynamics  
Annual tree monitoring  
Logging effect

### ABSTRACT

Tree growth and mortality are two central processes in mixed and structurally complex moist tropical forests, yet accurate estimates of the variables needed to model them remain sparse and scattered. It is thus still difficult to predict forest evolution at a local scale and build reliable management plans. To help fill this gap, for 1–7 years we annually monitored 21,180 trees belonging to 42 species exploited for timber production in Central Africa. We made new species-specific estimates of diameter increments and mortality rates, and investigated how tree growth varied with tree size and logging history. We compared our results with the legal values of diameter increments, mortality rates, and minimum cutting diameters used to build forest management plans in Cameroon. Diameter increment was found to vary with tree size for most of the species studied. The relationships between diameter increment and tree size were mostly humpback-shaped. The trees with diameters close to or lower than the reference minimum cutting diameter generally grew faster than the average. We also found that tree growth could slow for 1–2 years after timber exploitation and was then spurred for at least 5 years. The tree growth response to logging was nevertheless species-specific. This study provides new estimates of tree diameter increments and mortality rates that could help make more accurate forest projections and draw up sustainable management plans in Africa.

### 1. Introduction

In Central Africa, tropical rainforest covers 184.7 million hectares, of which 53 million hectares (28%) are currently exploited for timber production (FRMI, 2018). These exploited forests deliver key ecosystem services. They capture about 0.7 t of carbon per hectare per year (Hubau et al., 2020), harbor an extremely broad species diversity including key pollinators of tropical crops, regulate regional weather and freshwater quantity and quality (Brandon 2014), and provide livelihoods for at least 100 million people (De Wasseige et al., 2015). These forests are typically managed with logging, harvesting 1 or 2 large trees per hectare every 25–30 years. To ensure the sustainability of the timber production, sets

of variables and criteria have been adopted in national regulations (Picard et al., 2012). However, like in other tropical forest biomes (Piponiot et al., 2019), concerns have been raised about the depletion of the harvestable stocks and the expected loss of timber production profitability (Karsenty and Gourlet-Fleury, 2016), highlighting the need for in-depth analysis of management strategies with forward-looking approaches.

Tree growth and mortality are two central processes for predicting the dynamics of mixed and structurally complex tropical rainforests. However, these processes are seldom routinely estimated or accurately modeled. First, estimating them requires long-term monitoring in difficult field conditions (Picard and Gourlet-Fleury, 2008). Second, their

\* Corresponding author.  
E-mail address: [gligot@uliege.be](mailto:gligot@uliege.be) (G. Ligot).

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119889>

Received 20 August 2021; Received in revised form 12 November 2021; Accepted 20 November 2021  
0378-1127/© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved.



Merci pour votre attention